المرجع الأكبر في استخدام

المتفجر

جمع وترتيب

أبو عمر الفلسطيني

@ABU_OSID

بسم الله الرحمن الرحيم

إهــــــــداء

❖ إلى من قضى نحبه من أفذاذ هذه الأمة وفلذات أكبادها من قيادات واستشهاديين وجنود تقبلهم الله وأعلى منازله فقد كانوا منارات أضاءت الدرب لمن بعدهم.

❖ **إلى إخواننا المجاهدين الصادقين في أكناف بيت المقدس ونخص (جماعة أنصار بيت المقدس والجماعات المجاهدة) نصرهم الله**

❖ **إلى إخواننا المجاهدين في تنظيم قاعدة الجهاد قيادة وجنودًا** – حجر أساس ونواة الدولة الاسلامية في خراسان وبلاد الرافدين والشام وجزيرة العرب ومغرب الاسلام والقوقاز والصومال وغيرها – وعلى رأسهم حكيم هذه الأمة الدكتور أيمن الظواهري حفظه الله وصحبه وأبو بصير وجنده في يمان الحكمة وأبو مصعب عبدالودود وجماعته في مغرب الاسلام والصحراء الكبرى والفاتح الجولاني وأنصاره في سوريا ولبنان و .. حفظهم الله ونصرهم ومكن لهم

❖ **إلى الامارات الاسلامية** (الامارة الاسلامية في خراسان وأميرها المفضال الملا عمر مجاهد حفظه الله وأعوانه وجنوده – والدولة الاسلامية في العراق والشام وأميرها المغوار أبو بكر البغدادي وصحبه – وامارة الصومال قادةًوجنودًا –وامارة القوقاز قادة ً وجنودًا الغرباء في هذا الزمن) نصرهم الله ومكن لهم وفتح على أيديهم.

❖ **إلى إخواننا المجاهدين في الشام** وفي مقدمتهم (جبهة النصرة والدولة الاسلامية في العراق والشام وكتائب عبدالله عزام والكتيبة الخضراء وصقور العز وجند الأقصى . . . وكل مجاهد صادق) نصرهم الله.

❖ إلى إخواننا المجاهدين في بورما وباكستان وكشمير وتركستان وغيرها من البلاد المضطهد أهلها.

❖ إلى إخواننا الثابتين القابضين على الجمر الأسرى في سجون اليهود والنصارى والطواغيت .

❖ إلى إخواننا المجاهدين والمشردين والمضطهدين في كل مكان كلٌ باسمه ولقبه وما ذكرناهم وحسبهم أن الله يعرفهم ويذكرهم.

❖ **نقول لهم امضوا على بركة الله ودمروا أعداء الله، ومرغوا أنف كل طاغية في التراب ولا تبقوا له ضرس ولا ناب .**

مقدمة عامة

الحمد لله الذي جعل جنات الفردوس لعباده المؤمنين نزلًا ويسر لهم الأعمال الصالحة الموصلة إليها فلم يتخذوا سواها شغلًا والحمد لله فاطر السموات والأرض جاعل الملائكة رسلًا وباعث الرسل مبشرين ومنذرين لئلا يكون للناس حجة بعد الرسل إذ لم يخلقهم عبثًا ولم يتركهم سدًا ولم يغفلهم هملا بل خلقهم لأمر عظيم وهيأهم لخطب جسيم .

وأشهدوا أن لا إله إلا الله وحده ولا شريك له كلمة قامت بها الأرضُ والسماوات وخلقت لأجلها جميع المخلوقات وبها أرسل الله تعالى رسلَه وأنزل كتبه وشرع شرائعه ولأجلها نُصِبَتِ الموازينُ ووضِعَت الدواوين وقام سوق الجنة والنار وبها انقسمت الخليقة إلى المؤمنين والكفار والأبرار والفجار فهي منشأُ الخلق ولأمر والثواب والعقاب وهي الحقُّ الذي خلقت له الخليقة وعنها وعن حقوقها السؤال والحساب وعليها يقع الثواب والعقاب وعليها نُصِبَت القِبلةُ وعليها أُسستِ الملة ولأجلها جُرِدَتْ سيوفُ الجهاد وهي حق الله على جميع العباد فهي كلمة الإسلام ومفتاح دار السلام وهي أساس الفرض والسنة ومن كان اخر كلامه لا إله إلا الله دخل الجنة .

وأشهد أن محمداً عبده ورسوله بعثه الله بالسيف بين يدي الساعة لإخراج العباد من عبادة العباد إلى عبادة رب العباد وأقام به الحجة ليهلك من هلك عن بينة ويحي من حي عن بينه فصلى الله وملائكته وأنبيائه ورسله وعباده المؤمنين عليه كما وحد الله وعبده وعرفنا به ودعا إليه، أما بعد :

فان العمر يا احباب موسم تنافس فيه المتنافسون وسابق إليه المتسابقون وربح فيه عباد الله الصالحون وأحرز قصب السبق فيه المجاهدون الذين أخلصوا لله دينهم وأسهروا ليلهم وأظمئوا نهارهم حتى فازوا بمجاورة رب العالمين وهم جند الله الذين يقيم بهم دينه ويدفع بهم بأس أعدائه ويحفظ بهم بيضة الدين وهم الذين يقاتلون أعداء الله ليكون الدين كله لله وتكون كلمة الله هي العليا قد بذلوا أنفسهم في محبة الله ونصر دينه وإعلاء كلمته ودفع أعدائه، وأختصر بهذه الابيات

أحيوا الجهاد.. فلا حياة لأمةٍ *** هجرت شريعة ربّها آمادا
لّوا "لحي على الجهاد" وبادروا *** فالقدس تهتف وبوة ووهادا
نادى الجهاد، فلا السلاح يخيفني *** و عقيدتي لا تقبل استعبادا
نادى الجهاد، فلا المقام يطيب لي *** و دماء إخواني هناك تنادى
نادى الجهاد، فلا الحياة تشدّني *** و الحور تملأ خافقي إنشادا
نادى الجهاد، فيا لثارات الحمى *** و النصر في راياتها يتهادى
بيني وبين الخلد وخز شويكةٍ *** تجلو الهموم .. وتنزع الأحقادا
قلبي تولّع بالجنان، وقد سمت *** روحي فدا للدين واستشهادا
مهلا.. فإن عزّ اللقاء ففي غدٍ ***بذر العقيدة يثمر الأحفادا

والله المستعان والموفق والميسر ولا حول ولا قوة إلا بالله العلي العظيم .

بين يدي الكتاب

يقول الله تعالى: فلم تقتلوهم ولكن الله قتلهم **وما رميت إذ رميت ولكن الله رمى**... .

ويقول النبي ﷺ: لا تزال عصابة من أُمتي يقاتلون على أمر الله، قاهرين لعدوهم لا يضرهم من خالفهم حتى تأتيهم الساعة وهم على ذلك" رواه مسلم.

أخي المجاهد : بداية يجب عليك أن تعلم علم اليقين أن الامكانيات والعلوم من غيرِالله لا حولَ لها ولا قّوة، فلن ينتصر أحد من عددٍ ولا عّدة، ولا من سلاحٍ أو مال، فليسَ بِها تُ نصَرون، اعتمِدوا على اللهِ لا عَليها، وتوكّلوا عليهِ لا عليها، وإنّما يكون النصر فقط بفضل الله وحَدهُ، واعلموا أنه لن يقبل الله منك شيئا إلاإذا كان خالصاً وصواباً ، وبعد:

هذا الكتاب (**كتاب المرجع الأكبر في استخدام المتفجر**) يختص في علم توظيف المتفجرات لا تصنيعها وان تطرقنا لذلك فيكون من باب الاستزادة لا التخصص أو ما يطلق عليها هندسة المتفجرات وقد دعت لكتابته وجمعه عدة أمور منها:

- ❖ هناك عدة كتبت تحدثت في علم هندسة المتفجرات وما وجدت كتابا جمع كل أبوابه في كتاب واحد فكتاب الصواعق المرسلات وهو مرجع أساسي عندي لم يتمكن كاتبه جزاه الله خيرا من إكماله، وكذا كتاب المتفجرات السهلة فينقصه بعض الأمور وكذا كتب الفصائل بغزة أو غيرها ، فلذلك جمعنا جميع ما وجدنا من موضوعات في هذا الكتاب.
- ❖ الكتب كثير منها لم يكن منسقا ومرتباً ترتيبا يشد المتعلم ويرشده إلى ما يريد، فقد اجتهدت في تنسيق هذا الكتاب بقدر الاستطاعة مع ضيق الوقت الذي أعاني منه وعملت فهرس للموضوعات المهمة تجده في آخر الكتاب.
- ❖ تم الاجتهاد في الأمور العملية بوضع صور توضيحية ما أمكن تسهل عملية التعليم
- ❖ الكتاب يعد لمرحلة متقدمة في الهندسة إلا أنه بالإمكان أخذ موضوعات منها وتدريسها للمبتدئ.

بدأ الكتاب بمقدمة في علوم المتفجرات والقواعد في التعامل معها ،، ثم تطرق لخصائص المتفجرات وتصنيفها ثم انتقل الي سلسلة التفجير والموجة الانفجارية مرورا بالمهم وهو وسائط التفجير الخمسة (الصواعق – القتائل – الأسلاك <ناقل التيار> – المنابع الكهربائية – الحشوات المتفجرة) وقد أفردنا بابا تحدث عن كهرباء المتفجرات وبعض الالكترونيات ، وقبل أن تحدث عن العبوات تكلمنا عن انطلاقات للتحكم في العبوات ثم تحدثنا عن القنابل ثم النسف والتخريب والتشريك ثم تحدثنا عن موضوع مهم وهو الحزام الناسف ويليه الأهم منه وهو السيارات المفخخة وقد يعتريه بعض القصور لقلة المادة العلمية ثم تحدثنا عن الالغام وحقولها وبعض

الالغام بالصور والفصل الاخير وهو الملحق قد تناولنا فيه موضوع الصواريخ بالتفصيل بدأناه بقليل من التفصيل ثم يتم التوسع وننتهي بتصاميم ومشاريع جاهزة .

تم الاجتهاد في تجميع المعلومات وترتيبها بقدر الاستطاعة واستغرق معي حوالي العامين لضيق وقتي ولانشغالي وقد قررت تنزيل الكتاب وربما ينقصه بعض الامور لتلحق الفائدة الجميع.
سأقوم بتنزيل الملف على صيغة PDF ولاحقا سأقوم بتنزيله بصيغة WORD حتى يتسنى للكل التعديل وأخذ ما يلزمه منه .
لم أذكر فيه مراجع في الهوامش إلا أن المراجع الأساسية هي الصواعق المرسلات والمتفجرات السهلة وكتب الفصائل الفلسطينية بالإضافة لمعلومات من حزب اللات ومراجع أخرى
هذا و الله نسأل ان يتقبل منا هذا العمل ويجعله خالصا لوجهه الكريم ونسأله أن يجعل هذا العمل صدقة جارية يؤجر كل مسلم على نشر ما فيها من علم.

ولا تنسونا من دعائكم

اللهم انصر المجاهدين في كل مكان

اللهم عجل بالفردوس الاعلى بأعلى مراتب الشهادة

ياسامعاً لمقالتي .. ياعالماً بالخافيا
ياباقياً والكل يفنى .. يامجيباً داعيا
أدعوك يا ربّي فلا .. تمنع جواب ندائيا
أنا عبدك المذنب جئت .. أشتكي لك حالَيا
فألطف بحالي وأنلني .. أمنياتي السّامية
واغفر ذنوبي إنها .. سبب العناء وشقائيا
ياربّ فارحمني وأجزل .. في الجِنان عطائيَا
ياربّ أخلِص نّيتي .. فيما يقول لسانَيا
واغفر لمن يدعو لنا .. عند سماع مقالَيا

اخوكم المقصر بحق الله الراجي عفوه

أبوعمر الفلسطيني

للاستفسار والإضافة بإمكانكم مراستلنا على التويتر

https://twitter.com/abu_osid

@abu_osid أبو أسيد المدني

تعريف عام بالمتفجرات

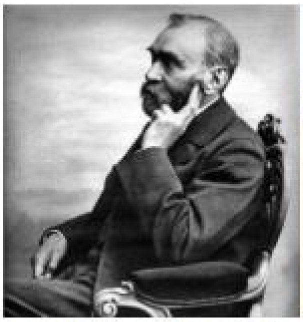
مقدمة :

اعتمدت جميع الثورات المسلحة في انطلاقتها وبداية نشاطها المسلح على استخدام المتفجرات – بما فيها أحباب الله المجاهدين– وذلك لندرة الأسلحة من ناحية، ولحجم التدمير الأكبر الذي تحدثه المتفجرات، من ناحية أخرى ولتوضيح حجم التأثير الهائل الذي تحدثه المتفجرات يكفي أن نعرف أن ١٠ جم من مادة متفجرة قوية قد تكفي لتدمير طائرة كبيرة وهي في الجو، إذا وضعت في مكان حساس مثل كابينة القيادة في الطائرة. إن المتفجرات سلاح مفضل للتدمير في كافة الحروب ، وذلك لفاعليتها العالية في تدمير المعدات والتحصينات وغيرها لذلك اهتمت الدول بسلاح هندسة المتفجرات لإمكانياتها العالية القوية واختير لها رجال ذوي مواصفات خاصة حيث يهتم المهندسون المختصون بالمتفجرات من حيث الإعداد والتخزين والدراسة الكاملة لطبيعة هذه المواد. و نحن في سعينا إلي تطوير هذه المعرفة نقدم هذه المعلومات ذات الأهمية الحيوية لإخواننا المجاهدين الذين يقارعون أعداء الملة و يسعون لإعداد أنفسهم لجهاد أعداء الدين من اليهود والصليبيين. تعتبر المتفجرات من أكثر المواد المستخدمة في الآلة الحربية وأنجعها ، بل لا يكاد يكون هناك سلاح دفاعي أو هجومي يخلو من استخدام المتفجرات . فنجدها في القنابل والألغام والقذائف والصواريخ وفي آليات عمل الأسلحة ..الخ ، وتستخدم المتفجرات في المجالين المدني والعسكري. وكثيرا ما يتردد على مسامعنا متفجرات ، انفجار .. ولكن ما حقيقة ومعنى هذه الألفاظ وكيفية التعامل معها بشكل آمن وفعال ، هذا ما سنتناوله في بحثنا إن شاء الله. و سنبدأ بلمحة تاريخية عن المتفجرات وأنواعها وقوتها وانقساماتها ومن ثم نتطرق لسرعتها و إلى قوانين النسف و التخريب راجين من الله العليم القدير التوفيق و السداد في القول و العمل.

أولا: لمحة تاريخية:-

كان الصينيون أول من استعمل ملح البارود الطبيعي (نترات البوتاسيوم) Potassium nitrate ممزوجا بالكبريت و الفحم الخشبي و كان ذلك في القرن التاسع علي الأرجح و كانوا يستخدموه في الألعاب النارية ثم بعد ذلك استخدم العرب البارود في سنة ١١١٨ ميلادي في أسبانيا في حروبهم و كانت تسمي أسلحتهم (رعودا) و اقتصر استعمال مزيج ملح البارود و الكبريت و الفحم الخشبي، المسمي بالبارود الأسود Black powder علي أعمال التفجير حتي القرن الثالث عشر. و ذكر ابن خلدون أن أحد ملوك العرب استخدمه في الحرب سنة ١٢٧٣م. البارود الأسود لم يعرف في أوروبا إلا في القرن الثالث عشر علي يد راهب إنجليزي يسمي روجر باكون Roger Bacon في سنة ١٢٤٩ ميلادي، هذا الراهب استعمل مادة نترات البوتاسيوم و كتب عن بعض صفاتها و جاء بعد ذلك راهب ألماني في سنة ١٣١٤ يسمي برتولد شوارتز Berthold Schwartz درس كتابات الراهب الإنكليزي روجر ثم بدأ في تصنيع البارود الأسود و وضعه في الهاون المعدني و غطي الهاون بحجر و عندما أدخل شرارة في الهاون انطلق الغطاء الثقيل مقذوفا بعنف و من هنا كان استخدام البارود كمادة دافعة، لذلك يعتبر الراهب الألماني برتولد هو مخترع المدافع. ازدادت قوة البارود عندما تحسنت عملية خلط المواد بشكل كبير و ذلك في سنة ١٤٢٥ عندما جرت عملية تحبيب البارود علي شكل حبيبات، هذه الحبيبات استخدمت في الأسلحة الصغيرة خلال القرن الخامس عشر و في الأسلحة الكبيرة في القرن السادس عشر، أول استخدام للبارود الأسود في استخدامات الهندسة المدنية كان خلال القرن السادس عشر في شمال أوروبا و استخدم البارود في سنة ١٦٢٧ في الكشف عن المواد الخام. و شهدت السنوات الأولي من القرن التاسع عشر أبحاثا قيمة ففي فرنسا تعرف كلود لويس الذي رافق نابليون في حملته علي مصر إلي استخراج ملح البارود في منطقة البحيرات المرة و قام بأبحاث حول إمكانية استبدال ملح البارود بكلورات البوتاسيوم. و في مدينة بال السويسرية قام الكيميائي الألماني كريستان فريدريش (١٧٩٩-١٨٦٨) بتحضير قطن البارود Nitrocellulose و لكن لم يدخل قطن البارود حيز الاستعمال سوي عام ١٨٦٧ بعد أن أزيلت العقبات و الأخطار التي كانت تعترض تصنيعه و تخزينه. في عام ١٨٤٦ اكتشف العالم الإيطالي اسكانيو سوبريرو Ascanio Sobrero النيتروجليسرين السائل لكن هذا العالم لم يكمل أبحاثه فجاء بعده جنرال روسي و استخدم النيتروجليسرين في تعبئة العبوات و لكن واجه مشاكل كثيرة منها سيولة المادة كذلك حساسيتها ثم جاء بعد ذلك مخترع سويدي يسمي ايمانويل نوبل و طور صناعة النيتروجليسرين هو و ابنه ألفريد نوبل، أثناء تحضير النيتروجليسرين حدثت عدة انفجارات عفوية و قتلت

هذه الانفجارات إميل Emil شقيق ألفريد و ذلك في سنة ١٨٦٤. أيضا في عام ١٨٦٤ اخترع ألفريد الصاعق المعدني و استخدم فيه فلمنات الزئبق كبادئ للانفجار بدلا من البارود الأسود.



Alfred Noble ألفريد نوبل

Dynamite ديناميت

في سنة ١٨٦٦ وجد ألفريد إعاقة في نقل النيتروجليسرين من حيث الحساسية ففكر بخلط النيتروجليسرين مع مادة تخفف حساسيتها و فعلا توصل ألفريد إلي خلط النيتروجليسرين بطين رطب ثم بعد ذلك خلطه بقطن البارود و سمي الخليط عندئذ **بالديناميت** و كان ذلك في سنة ١٨٦٧. هذا الإنجاز شكل ثورة في مجال إنتاج المتفجرات. و شهد الثلث الأخير من القرن التاسع عشر اكتشافات جديدة ففي عام ١٨٧١ نجح سبرينغل Sprengel في تفجير **حمض البكريك أو ثالث نيتروفينول** و استمر استعمالها مئة عام كمادة ملونة صفراء لصبغ الصوف و الحرير. و في عام ١٨٩١ اقترح هوسرمان استعمال **ثالث نيتروتولوين** و المعروف باختصار ت.ن.ت لكن لم تستخدم كمادة متفجرة إلا في ١٩٠٢ و كانت روسيا أول من استخدمها . في القرن العشرين تم اكتشاف العشرات إن لم يكن المئات من المواد المتفجرة و الخلائط المتفجرة و لكن أقصي ما يميز القرن العشرين هو تصنيع **القنبلة النووية** و التي ظهرت لأول مرة عام **١٩٤٥** حيث تفوق قدرتها التفجيرية قدرة المتفجرات الكيميائية التقليدية بحوالي مئة مليون مرة، و شهدت تطورا كبيرا خلال العقود الأربعة المنصرمة و كان آخر نوع منها قنبلة النيترون.

سلاح الهندسة

يعتبر سلاح الهندسة من أهم الأسلحة ذات التأثير البالغ على مختلف مراحل المعركة وتحت كل الظروف... إذ أن مهمة سلاح الهندسة تبدأ من اللحظة التي يبدأ فيها التخطيط للعملية، وتستمر في مرحلة التحضير وأثناء سير القتال وبعد تمام المعركة في إزالة آثار الحرب...

وتختلف طبيعة عمل المهندسين العسكريين من معركة إلى أخرى حسب ظروف القتال وطبيعة مسرح العمليات وأعمالهم في المعركة الهجومية غيرها في المعركة الدفاعية أو في عمليات الإنسحاب. كما أن مسرح العمليات ذا الطبيعة الصحراوية يختلف عن المسح الجبلي أو المناطق الزراعية أو المدن.

الواجبات العامة لسلاح الهندسة:

تتلخص واجبات سلاح الهندسة خلال مراحل المعركة بالنقاط التالية:

١ - **الإستطلاع الهندسي:** الذي يركز على جمع المعلومات وتحليلها لمعرفة الحقائق المتعلقة بـ:

- **الأرض:** طبيعتها والموانع الطبيعية فيها كالمرتفعات والجبال والتلال وتماسك التربة والمستنقعات والممرات المائية والقنوات كما تحدد الغابات والأحراش إن وجدت وتستكشف مصادر المياه والآبار الموجودة بالمنطقة...
- **العدو:** أي نقاطه القوية ودشمه و تحصيناته وطرق إقترابه مع دراسة أفضل السبل للتغلب عليها وتدميرها، ويقوم أيضاً بتحديد حقول الألغام المعادية وحدودها وعمقها وطبيعة الموانع المختلفة مع الحلول المقترحة للتغلب عليها وفتح الثغرات بها.

ويتم الاستطلاع الهندسي بالرصد، والدوريات الهندسية، و التنصت، والتصوير، كما يتم الاستطلاع بالقوة (كمائن – إغارات...).

ويراعى استمرار ومتابعة أعمال الاستطلاع الهندسي خلال مراحل القتال المختلفة فقد يفاجأ التشكيل المقاتل بعوائق أثناء مناورته القتالية في عمق العدو ومما يدعو إلى تدخل المهندسين لإيجاد حل أو مخرج لمثل هذه المواقف. كما أنه يجب أن يتسم الاستطلاع بالدقة وسرعة نقل المعلومات إلى الهيئات المختصة لتحليلها ودراستها واستخلاص النتائج منها.

٢ - **إدامة حركة القوات الصديقة واستمرارها:** من خلال إزالة كل ما يعترض طريق قواتنا من عوائق وموانع سواء كانت من صنع البشر أو تفرضها طبيعة أرض المعركة وذلك قبل وأثناء التماس مع العدو وضمن أقل فترة زمنية ممكنة.

ويشكل ذلك فتح الثغرات في حقول الألغام التي وضعها العدو أمام مواقعه الدفاعية ومهاجمة النقاط الحصينة ونسف أبواب وأبراج المعاقل القوية... وكذلك إقامة الجسور والأطواف التي يتم مرور القوات فوقها خلال مراحل الإقتحام بالإضافة إلى إنشاء الطرق والممرات اللازمة لتحرك القوات.

٣ - **منع القوات المعادية من التقدم:** عن طريق وضع الموانع اللازمة (حقول ألغام – عبوات ناسفة – خنادق دبابات – شراك خداعية...) والتي تغلق جميع المحاور المحتمل مرور العدو من خلالها، بالإضافة إلى نسف وتدمير الجسور التي يستخدمها العدو في تحركاته ونقل إمداداته.

٤ - **إنشاء الدشم والتحصينات:** القوية وحفر الخنادق والملاجئ سواء في المواقع الدفاعية الصديقة أو في المواقع الدفاعية الجديدة التي تم إقتحامها.

٥ - **إزالة العبوات الناسفة والشراك الخداعية:** التي يبثها العدو أو يتركها خلفه عند الإنسحاب بعد إقتحام مواقعه وخاصة في المناطق المبنية أو المحصنة.

٦ - **إزالة القنابل والصواريخ والقذائف:** التي قد تسقط وسط القوات دون أن تنفجر مما يجعلها خطراً على حياتهم وعلى سلامة أسلحتهم ومعداتهم.

٧ - **إجراء أشكال مختلفة من الهندسة الميدانية:** في المناطق الإدارية، ومن هذه الأعمال الإجراءات التالية:

- العمل على صيانة الطرق الحربية والمطارات العسكرية.
- حفر المرابض ومواقع المدفعية والأسلحة المتوسطة والثقيلة الأخرى.
- تجهيز الأماكن الصالحة لتكديس الذخيرة.
- تجهيز وإعداد مراكز القيادة ومراكز السيطرة والتحكم والمواصلات.

٨ - **إجراء التدابير الهندسية الخاصة بالإخفاء والتمويه والخداع.**

٩ - **المعاونة في إقامة الوسائل الواقية ضد الهجمات النووية أو وسائل وأسلحة الدمار الشامل (الكيميائية – البيولوجية...).**

عمل وحدات الهندسة:

تعمل وحدات الهندسة خلال سير العمليات القتالية إما:

١ – كوحدات هندسة عسكرية مستقلة.

٢ – كوحدات هندسة عسكرية في تشكيل أسلحة مشتركة.

٣ – تنفيذ العمليات الخاصة.

٤ – كوحدات مشاة عادية وذلك عندما لا تكون الوحدات المقاتلة محتاجة لأي جهد هندسي خلال فترة زمنية محددة.

مقدمة عامة

التخريب

التخريب : هو فن استخدام المتفجرات وكافة الوسائل في الحروب من أجل إيذاء الخصم وتحقيق الهدف .

أنواع التخريب :

١. **التخريب المدني** : هو القضاء على قدرة العدو عن طريق مقاومته ، بشتى الطرق والوسائل الشعبية .

٢. **التخريب العسكري** : هو فن استخدام المتفجرات للقضاء على قدرة العدو . وهو موضوع بحثنا هذا إن شاء الله .

المتفجرات

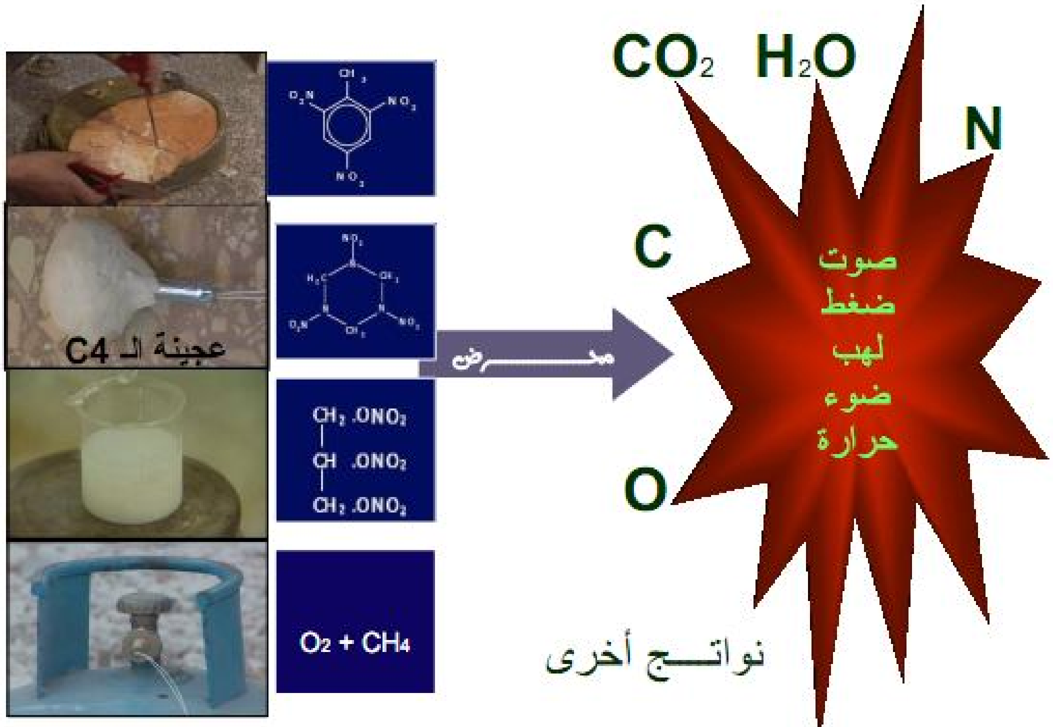
تعتبر المتفجرات من أكثر المواد المستخدمة في الآلة الحربية وأنجعها ، بل لا يكاد يكون هناك سلاح دفاعي أو هجومي يخلو من استخدام المتفجرات . فنجدها في القنابل والألغام والقذائف والصواريخ وفي آليات عمل الأسلحة ..الخ ، وتستخدم المتفجرات في المجالين المدني والعسكري .

وكثيرا ما يتردد على مسامعنا متفجرات ، انفجار .. ولكن ما حقيقة ومعنى هذه الألفاظ وكيفية التعامل معها بشكل **آمن وفعال** ، هذا ما سنتناوله في بحثنا إن شاء الله .

راجين المولى القدير أن يحفظ إخواننا المجاهدين من كل مكروه وأن يجعل هذا السلاح يعمل في أعدائهم على النحو الذي يحبه ويرضاه سبحانه وتعالى وبما يشفي صدور قوم مؤمنين ، انه على ذلك قدير وبالإجابة جدير وصلى الله على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه ومن سار على دربه إلى يوم الدين ...

تعريف المتفجرات :-

_هي عبارة عن **مركبات كيميائية** أو **خلائط فيزيائية** ، غير ثابتة التركيب تكون إما في حالة صلبة أو سائلة أو غازية و عند تعرضها إلي محرض خارجي يحدث لها تكسير سريع Decomposition أو عملية أكسدة Oxidation في فترة زمنية قصيرة جدا (أجزاء من الثانية) لتتحول إلي مواد أكثر ثباتا، نسبتها العظمي في حالة غازية ذات ضغط كبير مصحوبة عادة بحرارة عالية وضوء ولهب وصوت ودوي يسمى **الانفجار**.



الانفجار يحدث في ١ من مليون جزء من الثانية تقريباً

<u>و بعبارة أخرى هي مواد قابلة للتحول من الحالة التي تكون عليها إلى الحالة الغازية خلال فترة زمنية قياسية بفعل محرض خارجي .</u>

ومن خلال هذا التعريف تبرز لدينا بعض الأسئلة يجدر بنا التعرف على أجوبتها لمحاولة تفسيرها ولمعرفة مضمونها : **<u>ما الفرق بين المواد الكيميائية و الخلائط الفيزيائية ؟ وما هو المحرض الخارجي وهل هو نوع واحد ؟ وما هو الفرق بين الانفجار والاحتراق ؟</u>**

ما الفرق بين المركبات الكيميائية و الخلائط الفيزيائية ؟

أما عن **المركبات الكيميائية** فهي ناتج ترابط الذرات لعناصر مختلفة في جزئ جديد ذو خواص جديدة وتسمى المركبات الفردية: وتعتبر المركبات النترتية أهم ممثل لهذه المجموعة، وأكثرها استعمالا هي المركبات العطرية المتعددة الجذور. النترتية ومشتقاتها مثل (ثلاثي نايترو تلوين TNT ، ثلاثي نايترو فنيل TNF (ميلينيت)، ثلاثي نايتروكليسرين، ثلاثي نايترونفثالين...الخ). النايتروامينات مثل (ثلاثي مثيلين ثلاثي نايترو أمين الحلقي (الهكسوجين)، رباعي مثيلين رباعي نايترو أمين (الاكتوجين)، ثلاثي نايترو فنيل مثيل نايترو أمين (التتريل)، ايثيلين ثنائي نايترو أمين، ثنائي نايترو اوكسي ثنائي اثيل نيترامين......الخ). الأملاح العضوية النتريكية مثل (رباعي نيترات خماسي اريتينول(البنتريت)، النايتروجليسرين، ثنائي نيترات ثنائي ايثيلين كلايكول، النايتروسليلوز...الخ). أملاح حامض النتريك المعدنية مثل (نيترات الامونيوم وغيرها). أملاح حمض الفولمونيك المعدنية (فوليمينات الزئبق وغيرها). أملاح حمض الهايدروازوتيك (أزيد الرصاص).

- وبالنسبة **للخلائط الفيزيائية** فعند إضافة العناصر لبعضها البعض ينتج عنها مادة يحافظ كل عنصر فيها على خصائصه ، ومثال ذلك خلط الماء والملح فينتج ماء مالح يمكن فصلهما عن بعض بحيث يبقى كل عنصر محتفظ بخواصه وتعرف بالمزائج المتفجرة: تحضر في معظم الأحيان من مركبات قابلة للتأكسد (وقود) ومن مواد تحتوي على كمية كبيرة من الأوكسجين (مؤكسدات) حيث تتأكسد عناصر الوقود أثناء التحول المتفجر على حساب أوكسجين المؤكسدات واهم الأنواع : البارود على أنواعه مثل البارود الأسود (نيترات البوتاسيوم مع كبريت مع فحم)، المواد المتفجرة النايتروكليسيرينية (الديناميت)، الامونيتات (مزائج نيترات الامونيوم مع مواد ملتهبة وأخرى متفجرة) ، المواد المتفجرة الكلوراتية والبروكلوراتية مثل كلورات البوتاسيوم وبايكلورات البوتاسيوم أو الامونيوم مع مواد ملتهبة، مزائج ولدائن المواد النترتية مثل لدائن أل TNT مع الهكسوجين.
- يجب عدم وضع المركبات داخل الخلائط والعكس خشية ان تتفاعل مع بعضها البعض بعض المركبات تفقد قوتها مع الوقت مثل السي فور C4 والديناميت وكذا اغلب الخلائط لذا يجب متابعته كل فترة.

واليكم جدول مقارنة بين المركبات والخلائط

وجه المقارنة	المركبات	الخلائط
عدد المواد	يمكن ان تكون مادة واحدة فقط	لا بد ان تكون اكثر من مادة
تحضيرها	تأخذ فترة زمنية طويلة في التحضير مع درجات حرارة معينة وخطورة في التحضير	تأخذ فترة قصيرة أثناء التحضير مع عدم وجود حرارة معينة وانعدام الخطورة
الفصل	لا يمكن الفصل بطرق بسيطة	يمكن الفصل بطرق بسيطة وسهلة
الغازات	تخرج غازات سامة ومضرة	عدم خروج غازات سامة ومضرة
الاحماض	لا بد من تخليصها من الاحماض	ليس من الضروري تخليصها منه
قوتها	تكمن قوتها في وجود مجموعة النيترو NO_2التي تتحول الي غازات	تكمن قوتها في التفاعل الحادث بين المواد المؤكسدة والمختزلة
حفاظها	اغلبها تحافظ على قوتها	تفقد قوتها بسرعة
مثال	TNT ، الهكسوجين	نترات الامونيوم+AL

ما هو المحرض الخارجي وهل هو نوع واحد ؟

المحرض الخارجي : عبارة عن محفز ومهيج من خارج جسم المادة تتأثر به المادة المتفجرة لتتحول إلى كمية هائلة من الغازات كما ذكرنا أعلاه وهذا المحرض يعتبر بمثابة بادئ للانفجار أو ما نسميه **بالصاعق** .

وسنفرد له مبحث مفصل جداً والآن سنتطرق لنبذة عن أنواعه

والمحرضات أنواع :

١. **الحرارية** : قد تكون مباشرة كالشعلة وغير مباشرة كالتسخين .
٢. **ميكانيكية** :

أ- الطرق كما في الطلقات والكبسولات.

ب- الاحتكاك كما في بعض القنابل (القنبلة الخليطية الصينية).

ج – الوخز كما في الابرة في بعض الالغام والقنابل.

كما ويمكن ان يكون الضغط محرض ميكانيكي

٣. **كيميائية** : تفاعل بين مادتين (كإضافة مادة حمض الكبريتيك المركز إلى مادة بيرو كسيد الأسيتون _ ثلج أبيض – مما يؤدي إلى انفجار فوري أو اضافت حمض الكبريتيك إلى مادة كلورات البوتاسيوم مما يؤدي إلى اشتعالها .. الخ.
٤. **كهربائية** : (كإيصال مصدر كهربائي إلى سلك تنجستون ملامس لمادة حساسة مما يؤدي إلى انفجار المادة وقد تكون أيضا تفريغ مفاجأ لشحنة كهربائية وينتج عنها شرارة كهربائية فيتم التحريض.

ما هو الفرق بين الانفجار والاحتراق ؟

الاحتراق : هو تفاعل سطحي يحتاج عادة إلى عنصرين (مؤكسد ووقود) وعامل محفز (شعلة) . وفي المواد الاشتعالية والمتفجرة المستخدمة في المجال العسكري يكون المؤكسد والوقود في نفس المادة أو الخليط ولذلك لا تحتاج إلى الهواء أو أي مؤكسد آخر لتشتعل .

وبعبارة أخرى هو عملية تسخين بطيء للمادة إلى أن تصل لدرجة الاشتعال الخاصة بها ، ويتم هذا الاحتراق خلال فترة زمنية طويلة نسبيا مقارنة مع سرعة الانفجار ، ولا يصاحب هذا الاحتراق دوي في الظروف الطبيعية ، أي دون تعريض المادة إلى ضغط أو حصر في جو مغلق . فإذا كان سرعة احتراق المادة أكثر من ١١٠٠ متر في الثانية تسمى مادة متفجرة ، وإذا كانت سرعة الاحتراق أقل تسمى مادة محترقة .

بينما الانفجار عكس ذلك حيث أن الانفجار هو انطلاق مفاجئ للطاقة خلال جزء من الثانية ، يكون بانتقال موجة الصدم **داخل** المادة المتفجرة بسرعة عالية جدا اكثر من ٢٠٠٠ متر في الثانية مما يؤدي إلى إصدار طاقة (حرارة ، ضغط) عالية وبوقت قصير جدا (٠,٠٠١ ثانية)، حيث أن نفس عملية الانفجار تولد موجات صدم تنتقل في الهواء أو في مادة متفجرة مجاورة.

فكلما كان سريان موجة الصدم في المادة المتفجرة أعلى ، كلما كان إنتاج الطاقة بشكل أسرع وتكون بذلك قدرة الانفجار و الضغط الناتج أو الصدمة الناتجة في الهواء أعلى .

وسرعة سريان موجة الصدم تعتمد على نفس تركيبة المادة المتفجرة وتعتمد أيضا على كثافة المادة المتفجرة .

والصدمة المنتقلة في الهواء تعتمد على نفس نوعية المادة وبشكل أكبر على كمية وكثافة المادة المتفجرة . وتضعف الصدمة الانفجارية مع المسافة بشكل كبير . كما يتصف الانفجار بالقدرة العالية على إنتاج حجوم هائلة من الغازات و دوي عالي يصحبه حرارة عالية تصل إلى ٤٠٠٠درجة مئوية .

❖ **ملاحظة** كلما زات كثافة المتفجرات زادت قوتها وسرعتها طبعا الي حد معين بحيث لا تزيد عن الكثافة الحرجة.

هام /عملية الانفجار

عند تعرض المواد المتفجرة لمحرض خارجي فانها تتفكك مولدة كمية حرارة عالية جدا مما يزيد تمدد الغازات الناتجية وبالتالي يزداد الضغط فيحصل تصادم كبير بين جزئيات الغاز نفسها من جهة والوسط المحيط بها فيتحول جزء كبير من هذه الطاقة الي شغل ميكانيكي وهذا الشغل هو الذي يقوم بعملية النسف والتدمير ، والانفجار يولد موجة انفجارية ، فاذا كانت هذه الموجة اسرع من ١٠٠٠م/ث فتعتبر المادة قوية وان كانت اقل تعتبر ضعيفة.

أنواع الانفجار :

ينقسم الانفجار إلى ٣ أنواع رئيسية :-

١- انفجار ميكانيكي أو فيزياوي Mechanical explosive

وهو انفجار ناتج عن ازدياد الضغط في حيز مغلق و مثال علي هذا الانفجار عندما نملأ وعاء (طنجرة الضغط بالماء و نضعه علي النار بدون أن يكون فيه مخرج للبخار فنلاحظ بعد فترة زمنية بسيطة سوف يحدث انفجار نتيجة ضغط بخار الماء الموجود في الوعاء. كذلك عند وضع البارود في كوع أو أي حيز مغلق ، فعند إشعال البارود فسيحدث انفجار يشظي الكوع ، بينما لو أشعلنا نفس الكمية من البارود في الهواء الطلق فسنشاهد احتراق بطيء للبارود بدون انفجار.

٢- انفجار نووي Nuclear explosive: و ينقسم إلي نوعين:

أ- الانشطار النووي و مبدأ القنبلة النووية.

ب- الاندماج النووي و هو مبدأ القنبلة الهيدروجينية.

٣- انفجار كيماوي Chemical explosive:

هو تحول المادة المتفجرة إلى غازات نتيجة تفاعل للمواد مع بعضها في ظروف معينة. و هو مبدأ المتفجرات التقليدية التي سنعني بدراستها و التعرف عليها.

إن الحرارة الناتجة من عملية الانفجار الكيميائي تصل من **٣٠٠٠ - ٤٠٠٠ م** و الضغط الناتج قد يصل إلي ثلاثين طنا لـ سم٢ الواحد و في مقارنة لهذا الضغط بضغط البخار الخارج من وعاء الضغط نجد انه في هذه الحالة الأخيرة لا يتعدي عدة كيلو جرامات لـ سم٢ الواحد

وسنفرد الحديث في هذه الكتاب عن النوع الاول والاخير .

المبادئ الاساسية للانفجارات

هناك مبدأ عملي معروف وهو ان المادة لا تفنى ولا تستحدث من العدم إلا بأمر الله ، ولكن تتحول من شكل لآخر ، وكثير من المواد تحتوى على طاقة كامنة رهيبة واذا ما سمح لهذه الطاقة ان تخرج نرى العجائب، ومنها المواد المتفجرة وعملية تحويل الطاقة نعبر عنها بالانفجار ، ويحدث الانفجار عندما نسمح للطاقة الكامنة بالخروج فجأة لذلك فتعريف المادة المتفجرة بانها المادة او الخليط الذي يتصف بالتالي:

- قدرة عالية على انتاج غاز تحت ظروف الضغط العالي
- قدرة على انتاج هذا الغاز وبسرعة عالية

التفاعل الكيميائي للمتفجرات

حتى يحدث الانفجار الكيميائي يجب ان يتوافر في التفاعل الظروف التالية:

١- سرعة تحول المادة الي غازات وتكون في فترة قياسية مقدارها ١٠٠٠٠/١من الثانية ويتم تكوين الغازات بكمية كبيرة جدا يصل حجمها من ١٠الاف –١٥الف مرة من حجم المادة.

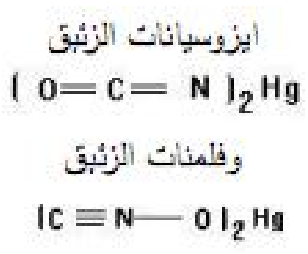
٢- انتاج كمية عالية من الحرارة تصل ٤٠٠٠ درجة مئوية وتنتجها بسرعة كبيرة وان كان انتاجها بطيئا لا يكون انفجارا وينتج ضغط قوي عنها يصل مقداره ١٠٨,٥طن على السم٣

٣- سرعة التفاعل الكيميائي ويكون مشروط بانتاج كمية حرارة عالية.

٤- تأثر المادة او الخليط المتفجر بالمحرض، سواء كان شعلة او صدمة قادرة على بداية التفاعل ويتوجب ان يكون المحرض متناسب مع كمية المادة .

وهذه الشروط مستقلة عن وجود الاكسجين كما يعتقد البعض ان كل مادة متفجرة يجب ان تحتوي على اكسجين ، بالرغم ان ميزان الاكسجين في كثير من المواد المتفجرة مهم جدا والدليل على ذلك وجود مواد غنية بالاكسجين لكنها بطيئة الانفجار مثل نترات الامونيوم وكذلك وجود مواد فقيرة بالاكسجين مثل جميع مركبات النيترو العطرية (RDX–TNT) لكنها سريعة الانفجار وهكذا فالمطلوب الحقيقي من المادة المتفجرة هو سرعة التفاعل وليس وفرة الاكسجين ويجب ان نعرف ايضا ان النسبة المئوية للاكسجين ليست وحدها التي تؤثر لكن الموضع الذي يشغله الاكسجين يؤثر أيضا وهناك مثال على ذلك:

مركبان متماثلان في التركيب وعدد ذرات العناصر فالاول يستخدم في التعقيم والثاني محرض شديد الحساسية فموضع الاكسجين هو الذي له التأثير ففي الفلمنات اشد تعرضا للتلفت ، وليس من المحتم في كل تفاعل اكسدة واختزال وجود ذرة اكسجين كالازيد لا يوجد بتركيبه اكسجين، ولكنها تتفاعل وتتفجر عن طريق الاكسدة والاختزال للالكترونات



المميزات العملية للمواد المتفجرة

١ - **القدرة:** هي كمية الطاقة الحرارية المستعملة في عمل محدد، وهي متعلقة بالميزان الأوكسيجيني للمادة المتفجرة. يتوقف على هذا المصطلح قدرة القذف.

٢ - **القصم:** هي قدرة المادة المتفجرة على تحطيم المواد المحيط بها وهي تتناسب مع كثافة المادة وسرعة انفجارها = $P = d.v^2$ حيث أن d هي كثافة المادة و v سرعة انفجارها. إن مادتين لهما نفس القدرة ليس من الضروري أن تعطيا نفس النتيجة.

٣ - **الحساسية:** هي الطاقة اللازمة لإحياء التفاعل الانفجاري. وتختلف هذه الطاقة بإختلاف مصدرها وسنفصل فيها لاحقا في التعريفات.

٤ - **القطر الحرج:** وهو القطر الأدنى للحشوة المتفجرة وأقل منه لا يمكن أن يحدث إنفجار في الحشوة لأن الموجة الانفجارية لا يمكن أن تأخذ مجراها ويتم هذا الاختبار من خلال استخدام عدة حشوات بسماكات مختلفة لغاية اقل سماكة عندها المادة لا تنفجر

٥ - **مقاومة الماء والرطوبة:** وهذا يعني مقاومة المادة لامتصاص الرطوبة والاحتفاظ بها، وكلما كبرت هذه المقاومة كلما ذادت الثباتية والكفاءة. فبعض المواد المتفجرة تحتوي على أملاح ماصة للماء أو تتفكك بواسطة الماء والرطوبة مما يؤدي إلى عدم صلاحيتها.

٦ - **مقاومة الحرارة والبرودة:** لهذه الناحية أهمية كبيرة لاسيما عندما تستعمل المتفجرات في المناطق الباردة أو الحارة. فالحرارة يمكن أن تتسبب بتغييرات مهمة في المتفجرات فمن الممكن أن يميع المتفجر أو يصبح أقل صلابة، وهذا يؤدي إلى زيادة الضغط، وبالتالي زيادة الكثافة. كما ويمكن أن تنفصل بعض المواد الموجودة في المواد المتفجرة وخاصة التي تحتوي على مواد دهنية. والبرودة تضعف قوة المادة المتفجرة، ويزيد التجمد من حساسيتها للصدم.

٧ - **الضغط:** تؤثر كثافة المادة المتفجرة بشكل كبير على حساسية الصعق وسرعة التفجر، لهذا يجب التأكد من أن الكثافة لا تتجاوز الكثافة الحرجة من جراء الضغط الناتج عن رصف المتفجرات أثناء فترة التخزين.

٨ - **الرشح:** وخصوصاً إذا كانت المادة المنفصلة حساسة (الديناميت الذي يرشح النيتروغليسرين عندما يكون تصنيعه رديئاً).

٩ - **تفاعل مكونات الخلائط المتفجرة:** قد تتفاعل بعض المكونات مع بعضها مما يؤدي إلى تلف المادة أو ينتج مواد حساسة أو تزيد من حساسية المادة للإنفجار التلقائي.

١٠ - **الشوائب**: إن وجود الشوائب (الحوامض...)، قد يؤدي إلى تلف المادة أو تفاعلها مع الوعاء الذي يحويها.

١١ - **الانفجار بالعدوى** : هي قدرة مادة متفجرة على نقل الانفجار إلى مادة أخرى موضوعة على مقربة منها دون أن تلامسها. إن عملية نقل الانفجار من حشوة إلى حشوة أخرى تتعلق بالأمور التالية:

- سرعة الموجة الانفجارية للمادة المتفجرة المانحة.
- حساسية المادة المتفجرة المستقبلة.
- الحاجز بين المادتين.
- وضعية الحشوات من بعضها.

١٢ - **سمومية الغازات الناتجة**: أخطر الغازات الناتجة عن الإنفجارات هي أوكسيد الكربون وهو عديم اللون والرائحة والطعم. ففي الإنفجارات في الهواء الطلق تتبدد الغازات بسرعة، أما في الأماكن المقفلة كالسراديب والملاجئ فلا تتبدد بسهولة لذا يظل جو التنفس خطراً لمدة طويلة إذا لم تؤمن تهوية المكان.

١٣ - **التبخر**:وهي قابلية المادة المتفجرة للتبخر نتيجة تفكك بعض جزئياتها لذلك هذه الخاصية تقدح في ثباتية واستقرار المادة المتفجرة وبالتالي يصبح التعامل مع هذه المواد خطير

١٤ - **نقطة الانفجار**: هي درجة الحرارة التي تنفجر عندها المادة عندما تصل اليها سواء كانت مباشرة أو غير مباشرة.

١٥ - **الكثافة**: وهي قسمة الوزن على الحجم، وحسب طريقة الضغط المستخدمة في ضغط المادة المتفجرة يمكن الحصول على دقة ٨٠-٩٩% من الكثافة الحقيقة المطلقة للمادة المتفجرة، بطبيعة الحال الضغط العالي للمادة يرفع كثافتها ويجعلها اكثر مقاومة لتحفيز الانفجار واذا زادت الكثافة عن حدها الاقصى ممكن بلورات بعض المواد تصبح اكثر نعومة وبالتالي تصبح اكثر حساسية للانفجار كما ان بعض المواد نتيجة الضغط الزائد قد تصل لدرجة الخمول المطلق الذي يمنع من انفجارها ، سرعة المادة الانفجارية مع كثافتها تعتبر من اهم الامور التي تؤثر على كمية الطاقة الناتجة حيث ان **القصم**: هي قدرة المادة المتفجرة على تحطيم المواد المحيط بها وهي تتناسب مع كثافة المادة وسرعة انفجارها = $P = d.v^2$ حيث أن d هي كثافة المادة و v سرعة انفجارها

تعريفات ومفاهيم ومصطلحات ومميزات للمواد المتفجرة :

التخريب العسكري : هو فن استخدام المتفجرات للقضاء على قدرة جهة ما .

الانفجار : هو انطلاق مفاجئ للطاقة خلال جزء من الثانية نتيجة تحول المادة الى غاز خلال هذه الفترة وتكون هذه العملية مصحوبة بدوي عال .

الموجة الانفجارية : هي الغازات الناتجة عن الانفجار والتي تشكل الصدمة الانفجارية لما حولها مصحوبة بخصائص هذه الموجة كما سيأتي تفصيلها.

السرعة الانفجارية: هي السرعة التي تنتقل بها موجة الانفجار داخل جزيئات المادة وتتراوح عادة من ١٠٠٠ – ١٠٠٠٠ م/ث و ذلك في المتفجرات عالية القوة أما في المتفجرات ضعيفة القوة (المواد المشتعلة) فتتراوح عادة من ٤٠٠ – ١٠٠٠ متر في الثانية

وتوجد ثلاث عوامل تؤثر على السرعة الانفجارية ، وهي نعومة المادة وتجانسها ، وزيادة سماكة المادة المتفجرة ، والكابح، فاذا كانت المادة مكبوحة بكابح تكون اقوى من نفس المادة الغير مكبوحة بنسبة ٣٠% زيادة على الاقل

الحساسية: هي مدى قابلية المادة الكيميائية المتفجرة للانفجار تحت تأثير العوامل المحرضة الخارجية التي تسبب التفجير مثل الحرارة و الصدمة و الاحتكاك و غيرها وحساسية المادة مهمة جدا في اختيار المادة المتفجرة فعلى سبيل المثال المتفجرات الموجودة في الدروع الردية يجب ان تكون غير حساسة كذلك المادة المتفجرة التي تستخدم في المواد النووية وتسمى الطاقة اللازمة لاحياء التفاعل الانفجاري

ويعبر عن الصدمة من خلال اسقاط جسم معلوم الوزن من مسافة عالية ثابتة على كمية معلومة

ويعبر عن الحساسية من خلال احتكاك بندول معلوم الوزن يكشط المادة المتفجرة وتكون النتيجة اما فرقعة او اشتعال او انفجار ويعبر عن فحص الحرارة تدريجيا وعلى كمية معلومة

الشراسة: هي مقياس لمدى قوة مادة شديدة الانفجار على تحطيم الأغراض وإذا كانت قوة الانفجار تقاس بحجم الغازات المتولدة فأن الشراسة تقاس بسرعة تولد هذه الغازات.

فعلى سبيل المثال انفجار خزان بروبان يعطي كمية هائلة من الطاقة الكيميائية لكن يقطع الحاوي لقطع كبيرة في حين ان كمية قليلة من مادة النيترو جلسرين لو انفجرت تنسف المحتوى بشكل كامل ، وهذا ما يعبر عنه بالشراسة وهو قدرة المادة المتفجرة على نسف وتحطيم حاوي مثل حاوي القنابل والقذائف وقياس الشراسة ليس مشهورا بكل الدول لكن الاكثر استخداما له روسيا وفرنسا

ويتم اختبار الشراسة من خلال اسطوانة جدارها من معدن الحديد المقوى يتم وضع كمية محددة من المادة المتفجرة مقارنة مع TNT في داخل الاسطوانة المعدنية ثم يتم تفجيرها وبعدها يتم جمع القطع التي قطعت خلال الانفجار واحصائها

Test: Steel Tube Test (With 50 G of PETN)

ثباتية المواد المتفجرة: و نعني بها محافظة المواد علي مواصفاتها إلي فترة زمنية ممكنة في ظل ظروف جوية و فيزياوية متعددة و متقلبة **و هذا يعتمد علي العوامل التالية:**

١. **امتصاص الرطوبة:** و هذا يعني قابلية المادة لامتصاص الرطوبة و الاحتفاظ بها، و كلما قلت هذه القابلية كلما زادت الثباتية و الكفاءة و العكس صحيح، فالمتفجرات العسكرية اغلبها مقاوم للماء في حين المتفجرات المعتمدة على نترات الامونيوم شرهة لامتصاص الرطوبة

٢. **الحساسية:** كلما زادت حساسية المادة المتفجرة زادت احتمالات انفجارها أثناء الخزن لذلك يفضل تصنيع اقل كمية لازمة من المواد الحساسة و إذا ما تم تصنيعها بكميات كبيرة يفضل تخزينها تحت الماء، ومعظم المتفجرات تكون امنة وفعالة في درجات حرارة –١٠ +٣٠ واذا زادت تكون عرضة للانفجار واذا انخفضت لا تعمل

٣. **نقاوة المادة المتفجرة:** حيث أن وجود شوائب في هذه المواد خصوصا إذا كانت بقايا حمض يساعد في التفكك الذاتي لها مما قد يؤدي إلي تلفها أو انفجارها

الانفجار الميكانيكي : هو انفجار ناتج عن ازدياد الضغط في حيز مغلق (تحويل الطاقة) ، كوضع البارود في كوع مثلا أو أي حيز مغلق ، فعند إشعال البارود فسيحدث انفجار يشظي الكوع ، بينما لو أشعلنا نفس الكمية من البارود في الهواء الطلق فسنشاهد احتراق بطيء للبارود .

الانفجار الكيميائي : هو تحول المادة المتفجرة إلى غازات نتيجة تفاعل للمواد مع بعضها في ظروف معينة.

الانفجار النووي : هو عملية انشطار (مبدأ القنبلة النووية) أو اندماج (مبدأ القنبلة الهيدروجينية) الذرة في المادة المتفجرة يصاحبها انتشار هائل للحرارة وغازات بكميات هائلة .

الصدمة الحرارية : وهي عملية تسخين المادة ومن ثم تبريدها فجأة أو العكس .

لذا عند التعامل مع المتفجرات يجب أخذ الحذر من التعامل معها في وجود أحد أنواع المحرضات ، لذلك عند التعرف علي المتفجرات يجب مراعاة التالي :-

- التعرف عليها أو فحصها بأقل كمية ممكنة ٠,٥– ٢ غرام .
- فحصها عبر وسيط مثلا إذا أردنا فحص خاصية الاحتراق للمادة المتفجرة فإننا نقوم بأخذ كمية صغيرة منها ووضعها على ورقة ومن ثم نقوم بإحراق الورقة ، ولا نقوم بتقريب الشعلة إلى المادة مباشرة .
- أقل عدد من الأشخاص و الأعضاء فإذا كان يكفي شخص ولاحد فلا يصح أن يكون هناك

ميزان الأوكسجين : هي النسبة المئوية للزيادة أو النقصان في الأوكسجين الذي تحويه المادة أو الخليط المتفجر .

حجم الغازات : تحسب قيمة حجم الغازات الناتجة عن إنفجار وزن m/g من مادة متفجرة ما في النظامين ($T=0^oC$ $P=760mmHg$) .

الحجم النوعي : على الحجم الذي تشغله الغازات الناتجة من إنفجار كيلو غرام واحد من المادة المتفجرة ($T=0^oC$, $P=760mmHg$) .

حرارة الإنفجار: هي كمية الحرارة الناتجة عن التفاعل الإنفجاري، وهناك شكلين من أشكال حرارة الإنفجار :

الحرارة عند ضغط ثابت : وهي الحرارة التي تبقى بعد أن يتحول جزء من الحرارة الناتجة عن الإنفجار إلى عمل ميكانيكي عند تمدد الغازات وذلك حتى ينخفض ضغط الغازات إلى الضغط الجوي . ويتم حسابها بحساب الفارق بين حرارة تشكل نواتج التفاعل وحرارة تشكل المادة .

الحرارة عند حجم ثابت : وهي الحرارة التي تنشأ لحظة الإنفجار وقبل أن تبدأ الغازات بالتمدد .

القدرة (الجهد) : هي كمية الطاقة الحرارية المستعملة في عمل محدد .

الإستطاعة : هي كمية الجهد المبذول في زمن محدد .

الحجم المرافق : وهو الحجم المطلق للمادة، أي الحجم الذي تنتهي إليه المادة ، حيث تتماس الجزيئات . ويساوي الحجم المرافق لجميع الغازات جزء من ألف من الحجم النوعي في درجة الحرارة والضغط النظاميين طالما أن ضغط الإنفجار لا يتعدى ٤٠٠٠ كلغ/سم^{٢} .

القوة النوعية : تعتبر القوة النوعية من المميزات الخاصة لكل مادة متفجرة ، فهي تمثل الضغط الذي يطبقه كيلو غرام واحد من المادة المتفجرة تحت حجم ثابت في وعاء سعة ليتر واحد .

اختبار المواد المتفجرة

يستخدم TNT كوحدة قياس لكل انواع المتفجرات الاخرى وهذه القياسات مهمة لانها تفسر موجة الانفجار والحفر التي يخلفها الانفجار واستجابة الشيء المراد تدميره حسب نوع المادة وتستخدم في معرفة الدمار الذي قد ينشا أثناء النقل والتخزين او في بعض العمليات الاستشهادية الكبرى وهذه القياسات مهمة لتسهيل اتخاذ القرار من القيادة الميدانية العسكرية

فقوة الانفجار:

هي كمية الغازات الناتجة عن كمية معينة من مادة شديدة الانفجار أي إنها تتوقف مباشرة على حجم الغازات الناتجة عن الانفجار التي تولد الشغل التدميري، **ويتم قياس قوة الانفجار بعدة اختبارات منها تمدد الاسطوانة او انبعاج الصحيفة ، واختبار بلوك الرصاص (ترازول)**

مع العلم ان هذه القياسات ممكن ان تختلف من دولة لدولة او حتى من مختبر لآخر

اختبار تمدد الاسطوانة (انبعاج الصفيحة) : توضع كمية محددة من المادة المتفجرة المراد فحصها في اسطوانة مجوفة طويلة تشبه اسطوانة غاز الاكسجين، لكن جدارها يكون من معدن النحاس وتكون الاسطوانة مفتوحة من الجهة العلوية، بعد الانفجار يتم قياس التمدد الذي حصل في جدار الاسطوانة.

ويمكن معرفة قوة المادة المتفجرة من خلال حجم الغازات المتولدة من المادة بالاضافة الي الحرارة المتولدة من الانفجار

القوة = الحرارة المتولدة من الانفجار X حجم الغازات المتولدة من الانفجار

اختبار بلوك الرصاص (ترازول):

يستخدم في تقدير قوة المادة المتفجرة مقارنة بـ TNT وهذا الاختبار اكتشفه ترازول عام ١٨٨٥ وفيه يتم وضع ١٠ غم من المادة المتفجرة في بلوك الاختبار ويغطى بالرمل ومن ثم تفجر من خلال صاعق كهربائي ونلاحظ بعدها حجم ازدياد الاسطوانة في البلوك ثم يتم المقارنة مع انفجار نفس كمية TNT

مثال:

تم اجراء اختبار بلوك الرصاص لمادة RDX (١٠جم)

فكانت النتيجة: حجم اسطوانة البلوك بعد الانفجار = ٤٧٠سم٣

احسب قوة انفجار مادة RDX بالنسبة لمادة TNT

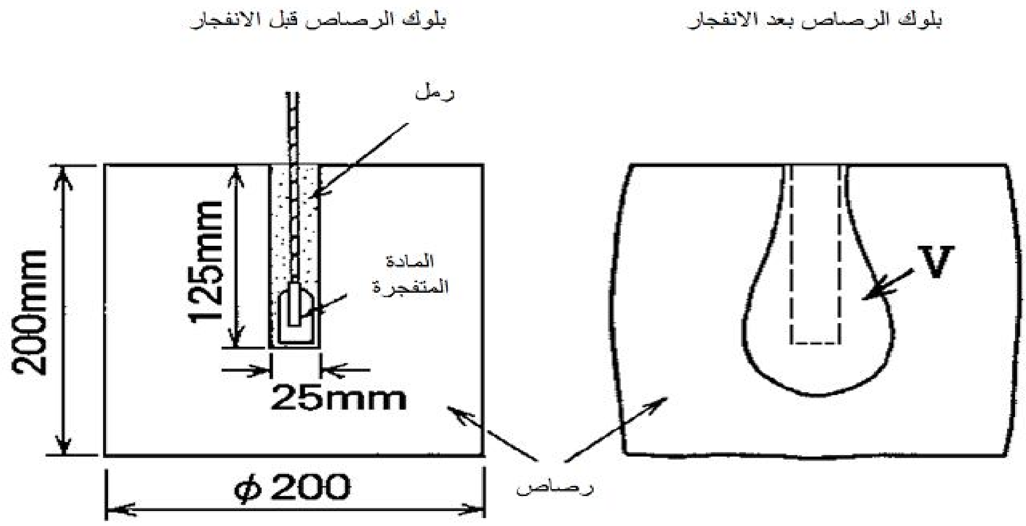
اذا علمت ان حجم نفس الاسطوانة بعد انفجار TNT(١٠جم) = ٣٠٠سم٣

الاجابة : حجم اسطوانة البلوك قبل الانفجار = ط نق٢ * الارتفاع

= ٣,١٤*(٢,٥÷٢)٢ * ١٢,٢ = تقريبا ٦٠سم٣

قوة انفجار مادة RDX= $\frac{\text{حجم الاسطوانة بعد انفجار } RDX - \text{حجم الاسطوانة قبل انفجار } RDX}{\text{حجم الاسطوانة بعد انفجار } TNT - \text{حجم الاسطوانة قبل انفجار } TNT}$

=٤٧٠-٦٠ /٣٠٠-٦٠ = تقريبا ١,٧



واليك جدول بحجم الاسطوانة عند تفجير بعض المواد التالية

المادة	الحجم الناتج	المادة	الحجم الناتج	المادة	الحجم الناتج
نيتروجليكول	٦١٠	نيترات الميثيل	٦٠٠	نيترو جلسرين	٥٣٠
PETN	٥٢٠	RDX	٤٨٣	نيتروميثان	٤٥٨
نيترات الايثل	٤٢٢	تتريل	٤١٠	نيتروسليلوز	٣٧٣
ديناميت ايثيل	٣٥٠	حمض البكريك	٣١٥	**TRINITROANILINE**	٣١١
TNT	٣٠٠	نترات اليوريا	٢٧٢	**نيتروفينول**	٢٤٣
نيترو بنزين	٢٤٢	DNT	240	**بيروكلورات**	١٩٤
نترات الامونيوم	١٧٨	خليط الانفو	٣١٦		

وتوصل العلماء إلى صياغة قانون يربط القوة التدميرية للانفجار في نقطة ما بقيمة الطاقة الناتجة عنه E التي تتناسب ووزن القذيفة C وبالمسافة R التي تفصل بين هذه النقطة ومركز الانفجار وأسهل الطرق للتعبير عن قوة الانفجار هي تجديد قيمة الضغط الزائد (دلتا بي)

$$\Delta P = \frac{0,84}{\bar{R}} + \frac{2,7}{\bar{R}^2} + \frac{7,0}{\bar{R}^3}$$

شرط أن تكون قيمة «$\bar{R}$» ما بين ١ و ٥٠ وحيث

$$\bar{R} = \frac{R}{\sqrt[3]{C}}$$

غرفة تفجير للمختبر

وهي مخصصة للأبحاث العلمية والتطوير ولاختبار طاقة المواد المتفجرة بعد الانفجار، كذلك تستخدم في حفظ المواد المحضرة حديثا وتستخدم في قياس حساسية المادة المتفجرة وحرارة الانفجار الناتج منها وكذلك قياس الضغط المتولد من الغاز ويوجد منها انواع احدها يتسع لـ١٥٠ واخر يتسع لـ ٢٥٠ جم والعمر الافتراضي لها ١٠٠٠٠-١٠٠٠٠٠٠ انفجار والغرفة مزودة بصمامين للغاز الاول يستخدم في ادخال كمية الغاز للضغط على المادة المتفجرة قبل انفجارها والاخر مصمم لنزع الغاز الزائد بعد الانفجار وحسابه

طبعا الحجم الذي يتسع الذي ذكرناه سابقا حسب مادة TNT وعندما نريد ان نستخدم مادة اخرى نغير الكمية مقارنة بقوتها بـTNT

KV-150M1

KV-250M

الآثار الناتجة عن عملية الانفجار :-

عند انفجار أي مادة فإنها تتحول إلى كميات كبيرة من الغازات وبسرعة عالية مما يؤدي إلى عدة آثار رئيسية وثانوية ، وسنأتي إن شاء الله لدراسة هذه العوامل ومحاولة الاستفادة منها .

أولا : الآثار الرئيسية الناتجة عن الانفجار :

١.الضغط . ٢. التدمير. ٣. الحرارة و الاحتراق .

١ - الضغط :

وهو ناتج عن التحول المفاجئ للمادة المتفجرة إلى الحالة الغازية خلال فترة زمنية قياسية . حيث تنتج المادة كمية من الغاز تقدر من ١٠,٠٠٠ إلى ١٥,٠٠٠ ضعف من حجم المادة المتفجرة قبل انفجارها ، وبسرعة عالية تصل إلى ٨٠٠٠ متر / الثانية ، منتجة ضغط متزايد ، يجعل الأشياء المحيطة تتعرض لضغط ميكانيكي قوي ومؤثر ، وهذا ما يعلل القدرة العالية للمادة المتفجرة على التدمير وقذف الأشياء مسافات بعيدة ، ويقاس بوحدة الضغط وهي البار ويعادل البار حوالي ١ كغم / سم٢ ويصل هذا الضغط إلى (١٠٨,٥) طن على السنتيمتر المربع . ونعني بسرعة الانفجار : هي سرعة تحول المادة المتفجرة إلى الحالة الغازية وتقاس ب متر/ ثانية . ويكون لهذا الضغط طورين الإيجابي والسلبي .

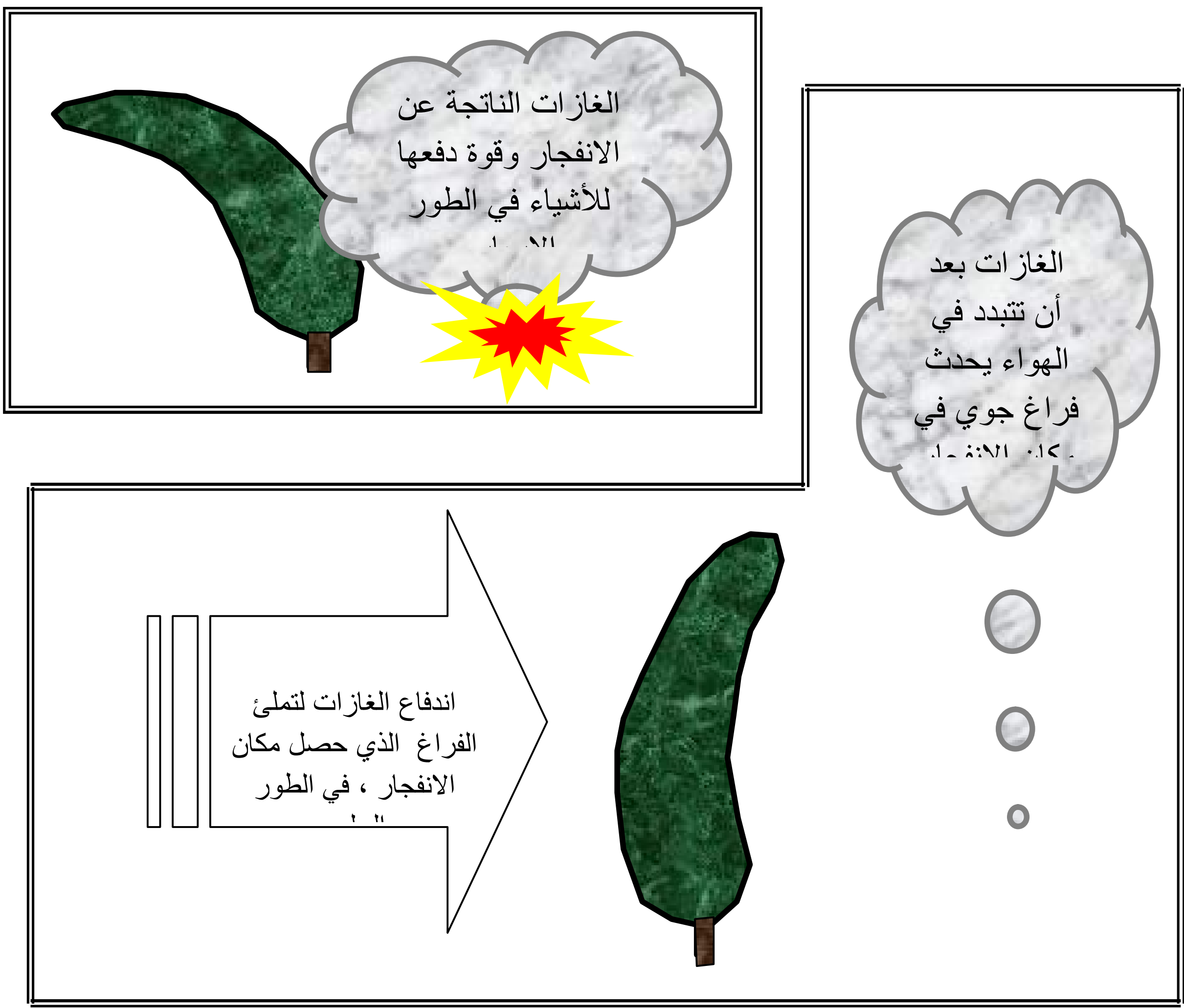
أطوار الانفجار :

أ. الطور الإيجابي :

وهو الذي يحصل عند اللحظة الأولى للانفجار بسبب الغازات الناتجة عن الانفجار والتي تشكل موجة ضغط كبيرة تؤثر على الأجسام المحيطة والهواء من حولها حيث تدفع بها إلى خارج بؤرة الانفجار منتجة أثرا تدميريا وخلخلة وفراغ في الهواء الجوي ، وهو أقوى من الطور السلبي .

ب. الطور السلبي :

والذي يتولد **نتيجة معادلة الضغط الجوي نفسه** بعد انتهاء تأثير الطور الإيجابي ، حيث يعود الهواء لمكان الفراغ الذي أحدثه الانفجار من أجل التعادل ، ويكون الطور السبي أضعف من الطور الإيجابي من حيث القوة والسرعة ، حيث تصل قوة الطور الإيجابي إلى ضعف قوة الطور السلبي وزمنه تصل إلى ثلث زمن الطور السلبي تقريبا . و نتيجة هذين الطورين التفريغ ومعادلة الضغط نسمع الصوت الهائل (الدوي) والذي يسمي **انفجار** .



٢ – التدمير :

عبارة عن الآثار الناتجة عن الموجة الانفجارية على هدف ما . والتي تكون على صورة صدمة مصاحبة للضغط والحرارة تنتشر على أطراف مكان الانفجار . ينتج عن هذا الانفجار تمدد عنيف ولحظي للغازات ، وبحسب الوسط يزدادا أو يقل التأثير ، فعلى سبيل المثال إذا وضعنا عبوة معينة في الهواء الطلق سيكون تأثيرها التدميري أضعف مما لو وضعناها في وسط محصور ، علما أن مسافة انتقال الموجة في الهواء الطلق ستكون كبيرة وذلك لقابلية جزيئات الهواء للتضاغط .

فمثلا إذا قمنا بدفن عبوة في الأرض سيكون التأثير فبها أعنف لأن قابليتها للتضاغط ضعيفة جدا وبالتالي لا يحدث تبدد للموجة كما هو في الهواء الطلق ، و الأعنف إذا وضعناها في الماء لأن الماء غير قابل للتضاغط وبالتالي سيؤدي إلى آثار أكبر ولمساحة أوسع وستنتقل الصدمة فيه بسرعة ولمسافة أبعد .

ومقدار التدمير التي تحدثه المادة المتفجرة في وسط ما هو ما نطلق عليه بقدرة الانفجار . وتقاس قدرة الانفجار بالنسبة لقدرة T.N.T = ١ فمثلا قدرة مادة C4 = ١,٤ (أي أن قدرة C4 تعادل مرة ونصف تقريبا من مادة T.N.T) .

٣ – الحرارة والاحتراق :

لكل مادة ناتج من الحرارة يتفاوت عن المادة الأخرى ويلعب دور أساسي في ذلك مكونات كل مادة و كثافتها وكميتها والتي تؤثر على سرعة الانفجار وبالتالي علي الوسط المحيط ، حيث تصل درجة الحرارة ٣٠٠-٤٠٠ درجة مئوية ، وتعتبر جزء أساسي من مكونات الطاقة التي يصدرها الانفجار والتي تقاس بمقدار الحرارة وحجم الغازات الناتجة وسرعتها .

ثانيا : الآثار الثانوية للانفجار :

١. **الانعكاس** : وهو الارتداد الموجي الناجم عن اصطدام الموجة الانفجارية في حواجز معينة كارتداد الضوء تقريبا ، ولذلك قوانين سنأتي إلى ذكرها في مبحث خاص إن شاء الله .

٢. **الاحتراق** : وهو نتيجة الحرارة الهائلة الناتجة عن الانفجار وحتى نلحظ ذلك لا بد من وجود مواد قابلة للاشتعال بنفس الحرارة الناتجة من الانفجار كاسطوانات الغاز وخزانات الوقود.

٣. **التشظي** : في حال وجود شظايا حول المادة المتفجرة أو معادن قريبة من المادة المتفجرة ، ونتيجة للضغط الهائل فان الشظايا تنطلق بسرعة الغازات الناتجة والتي قد تصل سرعتها إلى ٧٠٠٠م/ث . ولذلك أيضا قوانين سنأتي إلى ذكرها في مبحث خاص إن شاء الله.

علما أن الخطر المنبعث من انتشار الشظايا من التفجيرات هي اكبر بكثير من الأثر الناسف للعبوة. فالارتفاع في ضغط الهواء نتيجة الانفجار لا يشكل خطرا إلا في الحالات التي يكون فيها الشخص قريبا من العبوة . أما الشظايا المنبعثة فقد تكون مميتة حتى على مسافات بعيدة . لذا يجب أخذ حيطة إضافية عند تفجير عبوات تحتوي على شظايا أو تلك التي تكون مزروعة بين أجسام قابلة أن تتحول إلى شظايا.

العوامل المؤثرة في الإنفجار

- **الاكسجين** : التفاعل المتفجر يكون ناشراً للحرارة (بالتعريف) ولما كانت التفعلات التقنية من هذا النمط تفاعلات اكسدة إرجاعية بصورة عامة فانه لا بد في كل انفجار من وجود ذرة تتاكسد على الاقل أي تتخلى عن بعض الكتروناتها واخرى تستولي على هذه الالكترونات ولكي يكون تفاعل ما تفاعل اكسدة ارجاعية فانه ليس من المحتم وجود الاكسجين اذ ان الازيدات مثلا جزئيات متفجرة لا يدخل في تركيبها الاكسجين فهي تنفجر بتفاعل اكسدة ارجاعي ، غير ان المؤكسد الاول في تفاعلات الاكسدة كما في المتفجرات هو الاكسجين . إن للنسبة المئوية التي تدخل في التركيب المئوي لنوع كيماوي متفجر او لخليط متفجر اهمية ولكنها ليست كبيرة حيث ان السرعة الانفجارية في المقام الاول مستقلة عن الاكسجين اذ ان هناك متفجرات غنية بالاكسجين غير انها بطيئة ، ومتفجرات اخرى فقيرة الاكسجين كجميع مركبات النيترو العطرية ، غير انها سريعة ، وعلينا ان لا ننسى ان ما يطلب من المتفجرات هو القوة او سرعة التفاعل وليس الكمون او امكانية العمل الكلية ، زد على ذلك ان ما يؤثر ليس فقط النسبة المئوية كرقم مطلق بل هو كذلك البنية او الموضع الذي يشغله الاكسجين في الجزيء.
- **النسبة المئوية للمكونات في الخليط** : ان العيار او التركيب الكمي للخلائط المتفجرة المتشكلة من مكونات مختلفة (الوقود والحارق) وهو عامل يؤثر في سرعة التفاعل .
- **الحرارة والضغط** : تزداد سرعة الاحتراق بازدياد الضغط ودرجة الحرارة، وهي تتضاعف تقريباً كلما ازدادت درجة الحرارة بمقدار ١٠ ْ مئوية .
- **كثافة المتفجر** : ذرات المركبات الكيماوية التي تدخل في التفاعل اقرب الى بعضها البعض منها في الخلائط الفيزيائية ، وتكون السرعة التي يتطور فيها الفعل الكيماوي اكبر بكثير في الاولى منها في الثانية . الكثافه المطلقة أو الحقيقية هي كتلة وحدة الحجم من المادة المتفجرة التي لا يفصل بين ذراتها الهواء ، أما الكثافه الوزنية فهي وزن اللتر من المادة المتفجرة في الشروط العادية . وتؤثر الكثافة الحقيقية أو المطلقة في سرعة الاحتراق وتؤثر الكثافة الوزنية في الالتهاب ، أي تؤثر الاولى في انتشار الاحتراق داخلياً وتؤثر الثانية في انتشاره خارجياً .
- **كثافة المتفجر**: ذرات المركبات الكيميائية التي تدخل في التفاعل اقرب الي بعضها من الخلائط الفيزيائية فتكون سرعة تطور التفاعل في الاولى اكثر من الثانية فالكثافة المطلقة او الحقيقية هي كتلة الحجم من المادة المتفجرة التي لا يفصل بين ذراتها الهواء اما الكثافة الوزنية فهي وزن اللتر من المادة المتفجرة في الشروط العادية بدون ضغط وتؤثر الكثافة الحقيقية في سرعة الاحتراق داخليا والوزنية في الاشتعال وانتشاره خارجيا

- ❖ **الكثافة النوعية للشحنة** : وهي العلاقة الكائنة بين وزن المتفجر وحجم الحيزالذي يتم فيه الانفجار وتتمثل بازدياد ضغط الانفجار وسرعته مع زيادة كثافة الشحنة بحيث أنه اذا كانت كثافة الشحنة كبيرة أمكن تحويل الاشتعال الوميضي الى اشتعال مدو وتختلف من مادة لاخرى حسب تركيبها الكيميائي فحمض البكريك ١,٧٦٣ والنتروجليكول ١,٤٩ وهكذا
- ❖ **الكابح** : ويطلق على العائق أو الصعوبة التي يجابه بها الحيز الذي تتم فيه العملية الانفجارية والغازات الناتجة عن الانفجار مانعاً إنتشارها فالكابح تابع لطبيعة الوعاء وإحكام إغلاقه . ففي حيز جيد الاحكام وذي خواص مميزة ملائمة تحول دون تحطمه قبل التحول الكلي للمتفجر الى غاز يزداد الضغط بتقدم العملية الانفجارية ، ولما كانت السرعة تابعة للضغط فان ما يبدأ كاحتراق بسيط يمكن أن ينتهي الى إنفجار مدو ، فالبارود يتقد في الهواء ويشتعل اشتعالاً وميضياً في ماسورة المدفع .
- ❖ **الوسائط** : وهي مواد تؤثر في سرعة التفاعلات إما بزيادتها وتسمى (وسائط ايجابية) او بإبطائها وتسمى (وسائط سلبية) ولما كانت الانفجارات اجراءات كيماوية فأنها تتاثر ككل الاجراءات الاخرى بالوسائط المناسبة ، مثل الحامض في النيترسليلوز الذي يعرضه للخطر عند الحفظ .

معادلات التفجير

معادلة الاحتراق التام:

عندما تكون نسبة الاكسجين الموجودة في الجزئ المتفجر كافية لتحويل كل الكربون الي ثاني اكسيد الكربون وكل الهيدروجين الي ماء عندئذ يوصف المتفجر انه ذو احتراق تام وسوف تتحرر طاقته العظمى الكلية المتناسبة مع كمية الكربون والهيدروجين الموجودة

تعريف ميزان الاكسجين:

تطلق عبارة ميزان الاكسجين على النسبة المئوية للزيادة أو النقصان في الأوكسجين الذي تحويه المادة أو الخليط المتفجر من وزنه الجزئي، ولذا فان ميزان الاكسجين في متفجرات الاحتراق الكلي (مثل نيتروجليكول) تساوي صفر ، ويكون موجبا في المتفجرات التي فيها وفرة اكسجين مثل (نيتروجلسرين) ويكون سالبا في التي فيها نقص اكسجين مثل (TNT)

ومن المواد الغنية بالاكسجين كلورات البوتاسيوم ، نترات اليوريا ، نترات الامونيوم ، نترات البوتاسيوم ، وغيرها

وهذا جدول بالميزان الاكسجيني لبعض المواد

ميزان الاكسجين	المادة	ميزان الاكسجين	المادة
− 44.9	ammonium chloride	− 89.0	aluminum
+ 34.0	ammonium perchlorate	+ 20.0	ammonium nitrate
+ 30.6	barium nitrate	− 52.0	ammonium picrate
−114.4	dinitrotoluene	− 95.3	dinitrobenzene
+ 39.2	potassium chlorate	−137.0	wood meal, purified
−266.7	carbon	+ 39.6	potassium nitrate
+ 47.0	sodium nitrate	+ 45.0	sodium chlorate
− 30.8	nitroguanidine	+ 3.5	nitroglycerine
− 38.7	nitrocellulose (soluble guncotton)	− 28.6	nitrocellulose (guncotton)
−100.0	sulfur	− 45.4	picric acid
− 35.9	trinitroresorcinol	− 47.4	Tetryl
		− 74.0	TNT

أهم أربع ذرات في حساب ميزان الاكسجين هم الكربون C والهيدروجين H والنيتروجين N والاكسجين O

فالقانون هو : ميزان الأكسجين % = $\frac{\text{وزن ذرة الأكسجين}}{\text{الوزن الذري للمادة المتفجرة}}$ X ١٠٠ $(\frac{H}{2} - 2C - O)$.

وحسب القانون سنقوم بحساب هذه الامثلة

١- **نيتروجليكول C2H4N2O6**

نقوم بحساب الوزن الجزيئي للمادة

C= 2*12=24

H=4*1=4

N=14*2=28

O=16*6=96

فالمجموع الكلي = ٢٤+٤+٢٨+٩٦=١٥٢

وحسب القانون

ميزان الأكسجين % = $\frac{16}{152}$ X ١٠٠ $(\frac{4}{2}$ - ٢ X ٢ – ٦) = ٠ %.

٢- **نيتروجلسرين C3H5N3O9**

كما سبق المجموع الجزيئي = ٣٦+٥+٤٢+١٤٤=٢٢٧

وحسب القانون

ميزان الأكسجين % = $\frac{16}{227}$ X ١٠٠ $(\frac{5}{2}$ - ٢ X 3 – 9) = ٣,٥ %.

٣- **C7H5N3O6 TNT**

المجموع الجزيئي = ٨٤+٥+٤٢+١٤٤= ٢٧٥

وحسب القانون

ميزان الأكسجين % = $\frac{16}{٢٧٥}$ X ١٠٠ $(\frac{5}{2}$ - ٢ X 7 – 6) = -74 %.

قواعد التعامل مع المتفجرات

لا تشكل المتفجرات خطواً إلا إذا أهملنا التقيد بعدد من التدابير الوقائية البسيطة التي تتعلق باستعمال المتفجرات و تخزينها ونقلها. لاستعمال أي مادة متفجرة هناك قواعد عامة لابد من فهمها جيداً وهي مجموعة الإجراءات الواجب اتخاذها للحفاظ على سلامة الأشخاص الموجودين أثناء القيام بعملية تصنيع مادة متفجرة.

وفي ما يلي قائمة طويلة من التوصياتيجب أن نأخذ بها حرصاً على حياتك أخي المجاهد و علي حياة الآخرين.

أولاً: إجراءات الأمان العامة:

١. التوكل على الله سبحانه وتعالى.
٢. يجب عدم الاستهتار في التعامل مع المتفجرات لان خطئك الأول في كثير من الأحيان هو الأخير.
٣. المتفجرات لا تحترم الرتب.
٤. يجب التعامل معها كأنها كائن حي (بالرفق واللين).
٥. يجب التعامل معها في كل مرة كالتعامل معها أول مرة.
٦. الاقتصار على أقل عدد ممكن من الأشخاص عند العمل بالمتفجرات.
٧. التعامل معها بحذر دون خوف وبثقة دون غرور ،ولابد من هدوء الأعصاب والصبر أثناء التجربة لان الكثير من التجارب يحتاج إلى وقت طويل.
٨. لابد من الالتزام الحرفي بالتعليمات والخطوات مع مراعاة التسلسل في الخطوات ، و يجب عدم اللعب بالمواد وخلطها ببعضها لمجرد حب الاستطلاع.
٩. عدم تعريضها للحرارة أو الرطوبة أو الطَرق والضغط.
١٠. لا تتعامل مع أي جسم أو أي مادة غير معروفة لك سابقاً ، وإياك أن تخلط أي مادتين كيميائيتين مع بعضهما دون أن تكون عندك معلومات كافية عن كل منهما.
١١. يمنع التدخين منعا باتا أثناء التعامل مع المتفجرات ." بإذن الله المؤمن لا يدخن"
١٢. يمنع التعامل مع المتفجرات أثناء الشرود الذهني.
١٣. يجب قص الأظافر الطويلة لكي لا تحمل المواد السامة و يجب عدم حك العينين بالأصابع وغسل اليدين بعد التعامل مع المتفجرات و الأفضل لبس القفازات اليدوية.
١٤. يجب إبلاغ المهندس المسئول بأي حادث يطرأ أثناء العمل .

١٥. عدم الاحتفاظ بالمادة جافة بعد تحضيرها لفترات طويلة إذا كانت حساسة للطرق والحرارة لذلك يجب غمرها بالماء وتغطية الوعاء لأن الماء سيجف مع طول المدة.
١٦. التأكد من عدم تسرب غاز من أنابيب الغاز الموجودة في المخزن.
١٧. ممنوع استخدام أواني العمل في الأكل و الشرب.

ثانياً: قواعد التعامل مع الصواعق

١. يمنع حمل الصواعق في أماكن الارتكاز في الجسم .
٢. لا تمسك الصاعق من ثلثه الأخير.
٣. يمنع منعا باتا تخزين الصواعق مع المواد المتفجرة .
٤. الانتباه للصواعق التي يظهر على غلافها حبيبات بيضاء أو خضراء لأنها حساسة جدا.
٥. الانتباه للصواعق التي تعرضت لضربات أو ظهر عليها الاهتراء .
٦. يجب عدم تعريض الصواعق للطرق أو الضغط أو الحرارة أو الرطوبة.
٧. إياك أن تشد أسلاك الصاعق الكهربائي أو تسحبها.
٨. يجب عزل أطراف أسلاك الصواعق الكهربائية باللاصق.
٩. لا تدخل مسمارا أو أي جسم داخل الصاعق من الفتحة المخصصة للفتيل.
١٠.أحذر من الضغط على الصواعق بالأسنان أو السكين أو أي أداة أخرى.

ثالثاً: تخزين المتفجرات

١- عادة يكون المخزن تحت الأرض.
٢- يجب أن يكون المخزن مقاوماً للنار والرصاص والبرق، كما يجب أن يكون مقاوماً للعوامل الجوية ولا يتأثر بها كالجفاف والرطوبة مع مراعاة التهوية المستمرة.
٣- تبعد المخازن عن بعضها بحيث لا يتأثر الواحد منها بانفجار الآخر لا قدر الله وإذا انفجر أحد المخازن يجب أن لا تطال شظاياه المخازن الأخرى وتسبب في انفجارها. ولتحقيق هذا الأمان يحاط كل مخزن على مسافة منه بالتراب المرصوص الذي يحرف موجة الصدم ويوقف الشظايا المتطايرة.
٤- لا تترك مخازن المتفجرات بدون حراسة.
٥- ممنوع منعا باتا تخزين الصواعق و المواد المتفجرة بجانب بعضها البعض.
٦- لا تخزن مواد متفجرة غير حساسة مع مواد متفجرة محرضة في نفس المكان إلا إذا كانت المواد المحرضة تحت الماء في وعاء مغلق.

٧- تجنب تخزين كميات كبيرة من المتفجرات في مكان واحد. بحيث تخزن بكميات كبيرة لا تتجاوز الحد الأقصى المعين بالنسبة لبعد المخزن عن أقرب مخزن آخر أو مكان مأهول.

٨-يجب عدم تكديس الصناديق التي تحتوي المتفجرات عالياً لأن ذلك يعرضها لخطر الوقوع الخطر.

٩- يجب عدم تخزين الصناديق مباشرة على الأرض، بل يجب وضعها فوق حمالات خشبية صغيرة تسمح بمرور الهواء و تكون بعيدة عن رطوبة الأرض.

١٠- عند تخزين مواد متفجرة إضافية يجب مراعاة وضعها بحيث يكون من الممكن الوصول إلى المتفجرات القديمة والمخزونة سابقاً .

١١- تعلق على كل صندوق لافتة سهلة القراءة بنوع المتفجرات التي تحتويها و كميتها وتاريخ إدخالها إلى المخزن.

١٢- يجب تحريك المتفجرات بعناية لتجنب كل تصدع من شأنه أن يسمح للمتفجرات بالانقلاب من صناديقها والانتشار بشكل غبار.

١٣- يجب عدم سحب الصناديق على الأرض بل حملها ووضعها بهدوء.

١٤- يجب عدم وضع الصواعق الكهربائية بالقرب من أي مصدر للكهرباء.

١٥- يجب تقليب الديناميت كل شهر وكتابة آخر تاريخ تم فيه ذلك.

١٦- يجب أن تكون تهوية و أفضل تهوية هي الطقس الجاف والحرارة القليلة الارتفاع لتجنب التكثيف على جدران المخزن.

١٧- يجب تجنب دخول الهواء الخارجي أثناء الحرارة المرتفعة والطقس الرطب والممطر وأثناء ذوبان الثلج.

١٨- جميع المواد المتفجرة التي تبدو عليها مظاهر فساد، أو تبدو مجهولة تعتبر مشبوهة ويجب إخراجها من المخزن وتلفها إما إغراقاً أو حرقاً أو تفجيراً .

رابعاً: التدابير ضد النار و الحرارة

١- يمنع الدخول إلى مخازن المتفجرات بصحبة أشياء يمكن أن تولد شرارات (أشياء معدنية، أحذية ممسمرة...).
٢- يمنع التدخين أو حمل قداحات أو كبريت أو إشعال النار.
٣- وضع ستائر معتمة على النوافذ المعرضة للشمس.
٤- توضع اللمبات في كوى إنارة معزولة بواسطة أحجبة من الزجاج السميك.
٥-يجب أن توصل الأسلاك الموصلة الخارجية إلى اللمبة من اتجاهين متعاكسين تجنباً للتماس.
٦- لإنارة زوايا لا تصلها الإنارة العامة أو إذا كانت الإنارة العامة مطفأة تستعمل مصابيح كهربائية يدوية ويمنع منعاً باتاً استخدام مصابيح نفطية أو مصدر نار مباشر داخل المخزن.
٧- عدم ترك أوراق الشجر والأعشاب تتراكم حول المخزن في دائرة ١٠متر.
٨-عدم فتح صناديق المتفجرات أبداً باستعمال عدة معدنية تولد الشرار عند الاحتكاك.

خامسا: أخطار غبار المتفجرات

إن الغبار الناتج عن تفتت المتفجرات على الأرض أو الجدران أو الأثاث أو الألبسة يمكن أن ينفجر وينقل الانفجار بسهولة، لذا وجب اتخاذ الإحتياطات الدقيقة لتجنب هذا الخطر. ويجب أن تكون جدران وسطوح المخازن ملساء جداً وأن تنظف باستمرار بخرقة مبللة. و بعد

التنظيف يجب جمع الأوساخ التي تنتج منها بعناية وحرقها في مكان بعيد أو إغراقها بالماء.

مخاطر استنشاق غبار المواد المتفجرة السامة على الانسان:

- **TNT** : التعرض لـ TNT يمكن أن يحصل باستنشاق غباره، أو عبر الجهاز الهضمي أو عن طريق الجلد إن فعل TNT يحدث تغيرات في الدم: ينخفض عدد خلايا الدم الحمراء وينخفض الهيموغلوبين مع طول فترة التعرض وذلك لانخفاض نشاط نخاع العظم. نوع آخر من الأعراض يعود إلى ضمور الكبد. الحد الأعلى المسموح باستنشاقه هو ١,٠ ملغم/م٣.
- **النتروغلسرين** : تعرض الإنسان المستديم للنتروغلسرين يؤدي إلى ظاهرة تكون الأوكسي هيموغلوبين ونمو القدرة على مقاومة العقار الانسحاب من التعرض المستمر للنتروغلسرين يمكن أن يسبب صداعاً شديداً .
- **النتروسليلوز** : بسبب عدم ذوبانية النتروسليلوز، لم يلاحظ وجود تأثير سمي .
- **RDX الهكسوجين** : استنشاق غبار السايكلونايت سام و أثبتت التجارب أن التعرض المستمر و بجرعات كبيرة لغبار السايكلونايت (RDX) يسبب التشنجات . يتضمن التسمم بالـ RDX تأثيرات على الأمعاء، الجهاز العصبي المركزي والجهاز الكلوي.
- **الأوكتوجين (HMX)** : قابلية HMX المنخفضة جداً للذوبان (مقارنة بـ RDX) جعلت تجارب السمية على هذا المركب أضعف عما هو عليه مع RDX. إلى هذا الحد يبدو أن HMX أقل سمية من RDX.

سادساً: نقل المواد المتفجرة

١-يجب عدم نقل الصواعق في نفس الآلية التي تنقل المتفجرات، أما إذا استحال ذلك فتوضع الصواعق في مؤخرة الآلية والمتفجرات في مقدمته مع مراعاة مسافة أمان حتى لا يؤدي انفجار الصواعق أو إحداها إلى تفجير هذه المواد.

٢-يجب فصل الصواعق عن البطاريات أو أي مصدر للطاقة خلال عملية النقل، أما إذا استحال ذلك فتراعى مسافة أمان حتى لا يحصل أي تماس.

٣-قم بتثبيت المواد المنقولة جيدا في أماكنها لتفادي الارتجاج والحركة عند نقلها.

٤-يجب أن تكون المسافة بين الآليات أكثر من ٥٠ متر .

٥-على السائق التقيد بشدة بقوانين السير وأن يحاول الابتعاد قدر الإمكان عن مناطق الازدحام، وعدم التوقف بجوار الأماكن التي يصدر عنها نار .

٦-يجب تجنب الصدمات (مطبات، حفر).

٧-يجب عدم تكديس المتفجرات عالياً .

٨-يمنع العناصر المكلفين والغير مكلفين بالنقل بالركوب في الآلية التي تنقل المتفجرات. ويسمح فقط للمكلفين بالنقل بالركوب في حال نقل متفجرات فقط أو صواعق فقط.

سابعاً: الاستعمال أثناء التدريب

- كل مجموعة تقوم بالتدريب على التفجير يجب أن تجهز بسيارة إسعاف لنقل المصابين في حال حصول إصابات.
- إنذار كل وحدة مجاورة لاتخاذ تدابير الحيطة اللازمة.
- يجب الاتفاق على إشارة خاصة بالإنذار والاستعداد للتفجير وإشارة خاصة بالتفجير.
- إجبار جميع العناصر على اعتمار الخوذة الواقية.
- توفير أجهزة اتصال لاسلكية أثناء التدريب.
- جمع جميع العناصر في مكان أمين.
- في حال عدم توفر ملجأ توضع العناصر على مسافة كافية من مكان الانفجار بحيث لا تتأثر به وبالشظايا وبحيث يكون وجهها نحو مكان الانفجار وظهرها للشمس، لتتمكن من رؤية ما قد يتساقط عليها من شظايا واجتنابها.
- تحديد طريق انسحاب العنصر المكلف بالتفجير إلى المكان الذي يلجأ إليه في حال التفجير العادي.
- التقيد بتدابير الحيطة اللازمة لتجهيز أجهزة التفجير وتحضير العبوات.
- لا يعطي الضابط الأمر بالتفجير إلا بعد أن يتأكد من أن جميع تدابير الحيطة اللازمة قد طبقت، عندئذ يأمر بإعطاء إشارة الإنذار والاستعداد، وبعد ذلك يأمر بإعطاء إشارة التفجير.

فشل التفجير

فشل التفجير: عبارة عن عبوة متفجرة تحت عملية بدء تفجيرها ولسبب ما لم تتم هذه العملية. ومن هذه الأسباب:

- فشل في إشعال الفتيل.
- التوصيل الكهربائي أو العادي غير كامل.
- الصواعق المستعملة ضعيفة وقوتها غير كافية لإحداث التفجير.
- الفتيل أو المتفجرات حصل تغير في مواصفاتها بسبب الوقت أو التخزين أو أي عوامل خارجية أخرى.
- مولد الكهرباء غير صالح.

في حال التفجير العادي:

- يجب الإنتظار ٣٠د.
- يذهب عنصر واحد فقط ليستطلع سبب الفشل. (إذا كان الدخان مازال يتصاعد من الفتيل يجب الإنتظار ٣٠د بعد إنتهاء الدخان).
- يقطع فور وصوله الفتيل الصاعق بين الحشوة والصاعق.
- يذخر الحشوة من جديد ويفجرها.
- ثم يقوم بتدمير الجهاز الفاشل.
- إذا كان جهاز التفجير لا يحتوي على فتيل صاعق يضع العنصر بملامسة الحشوة (ودون أن يحركها) حشوة جديدة ويفجرها.

في حال التفجير الكهربائي:

- تنزع الأسلاك عن مصدر التيار الكهربائي ويبعد عنها مسافة آمنة منعاً للتماس.
- يجب الإنتظار ٥د.
- التحقق إذا كان سبب الفشل من مصدر التيار الكهربائي.
- يذهب عنصر واحد فقط ليتحقق من الأسلاك الموصلة ويصلح الأقسام المقطعة إن وجدت.
- إذا كان الفشل متأت من الصاعق الكهربائي يقطع فور وصوله الفتيل الصاعق بين الحشوة والصاعق.
- يذخر الحشوة من جديد ويفجرها.
- ثم يقوم بتدمير الجهاز الفاشل.

- إذا كان جهاز التفجير لا يحتوي على فتيل صاعق يضع العنصر بملامسة الحشوة (ودون أن يحركها) حشوة جديدة ويفجرها.

مسافة الأمان: وهي المسافة الدنيا التي يجب الإبتعاد إليها عند التفجير في الخلاء لحماية العناصر المكلفة بالتفجير. وتجدر الإشارة إلى أن هذه المعادلة لا تأخذ تطاير الشظايا بحسابها.

وزن الحشوة / كلغ	مسافة الأمان/ متر
1 - 15	315
20	355
25	382
30	405
35	427
40	446
45	464
50	480
60	510

وزن الحشوة / كلغ	مسافة الأمان/ متر
70	537
80	561
90	583
100	603
125	660
150	700
175	737
200	770
225	800

عندما تكون الحشوة أكبر من 225 كلغ تستعمل المعادلة التالية:

$$D = 140 \cdot \sqrt[3]{P}$$

حيث أن: D = مسافة الأمان / متر.

P = وزن الحشوة / كلغ

المواصفات العامة لاختيار المواد المتفجرة

هي عملية مطابقة الهدف الخاص المراد تحقيقه مع القدرة النسبية للمادة المتفجرة .كما تراعى كل الخصائص التي درسناها **ولابد ان تتمتع المتفجرات بخصائص معينة لكي يسهل استخدامها عسكريا وحتى نختار مادة معينة لانجاز مهمة ما او عمل شئ معين فلا بد من مراعاة الخصائص التي تناسب المهمة.**

١- أن تكون رخيصة الثمن و سهلة الإنتاج بتوفير المواد الأولية لتصنيعها.

٢- أن تكون غير حساسة نسبياُ للصدمة أو الاحتكاك ، و لكن قادرة على التفرع بمفرقعات سهلة التحضير.

٣- أن تكون قادرة على التدمير.

٤- يجب أن تكون مستقرة إلى حد كافي لتخزينها لفترات طويلة عند درجات حرارة متدنية و عالية جداً .

٥- يجب أن تكون عالية الكثافة .(الوزن/الحجم).

٦- يجب أن تكون مناسبة للاستخدام تحت الماء أو في المناخات الرطبة.

٧- يجب أن تكون قليلة السمومية عند تخزينها و استعمالها و تفجيرها.

تصنيف المتفجرات

تصنف المتفجرات إلى صنفين رئيسيين :

أولا : حسب وجودها في الطبيعة .

ثانيا : حسب استخدامها .

ثالثا : حسب تركيبها .

رابعا : حسب سرعتها .

أولا : تصنف المواد المتفجرة حسب طبيعتها

١ - متفجرات صلبة:

وتكون حبيبات اوقوالب مثل (TNT- RDX- تترايل - حمض البكريك) .

٢-متفجرات عجينية: وتسمى أيضا متفجرات بلاستيكية.

مثل (C4- C3 – سيم تكس - الهوكسجين – الجلجنيت – الديناميت ..)

٣ - متفجرات سائلة:

مثل نيتروبنزين ، نيتروجلسرين ، نيتروميثان، نيتروجليكول، استرولايت.

٤ - متفجرات غازية :

مثل خليط غاز الميثان (غاز الطبخ) (CH_4) وغاز الأوكسجين.

ثانيا: تصنف المواد المتفجرة حسب استخداماتها

١ – **استخدامات عسكرية** : يقصد بذلك المتفجرات التي تستخدم في الأغراض العسكرية مثل تعبئة العبوات و القذائف و الصواريخ و القنابل و تتميز هذه المتفجرات بسرعة انفجارها العالية و من أمثلتها , TNT , RDX .

٢ – **استخدامات مدنية** : يقصد بذلك المتفجرات التي تستخدم فقط في الأغراض المدنية مثل شق الطرق و الأنفاق و التي تستخدم في الألعاب النارية ، وغالبا ما تكون على هيئة مسحوق أو عجينه حتى يمكن تعبئتها في حفر التفجير ، وعادة لا تزيد سرعتها الانفجارية عن ٥٠٠٠ متر / ثانية ، و من أمثلتها نترات الأمونيوم.

٣– **متفجرات تستخدم للحرارة والإضاءة** : مثل مسحوق المغنسيوم و مسحوق الألمنيوم ومسحوق النحاس وجميعها تستعمل لرفع الحساسية للخليط المتفجر أثناء الانفجار وإنتاج حرارة وإضاءة بعد الانفجار غير أن المغنيسيوم يعطي إضاءة أكثر من الحرارة ولذا يستخدم في صناعة القنابل المضيئة أما الألمنيوم فعلا العكس فهو يعطي حرارة أكثر من الإضاءة .

٤ – **متفجرات دافعة** : وتستعمل لدفع الصواريخ والقذائف والطلقات مثل خليط وقود الصواريخ السائل ، البارود ، النيتروسليولوز ،و الكوردايت، وبيركلورات الأمونيوم $(NH4)CLO4$ وخلائطها التي تستخدم في إنتاج وقود الصواريخ الصلب (خليط بيروكلوارت الأمونيوم مع براده الألمنيوم و الابوكسي).

٥ – **مواد متفجرة دخانية** : وهي مركبات لإنتاج الدخان والألعاب النارية وإشارات الاستغاثة وغير ذلك من الاستخدامات المتنوعة.

٦ – **مواد متفجرة صوتية** : و هي عبارة عن مركبات تستخدم لإعطاء صوت عالي جدا بدون تدمير و مثال عليها خلط كلورات البوتاسيوم مع بنزوات الصوديوم.

ثالثا: تصنف المواد المتفجرة حسب تركيبها

١ – **مركبات كيماوية Chemical compounds** : هي عبارة عن مواد كيماوية تتحد مع بعضها البعض وتتفاعل لينتج عنها مركبات كيماوية جديدة لها خصائصها الخاصة بها حيث تفقد كل من المركبات الداخلة في التفاعل خصائصها الأولية . مثل TNT .

٢ – **مركبات فيزيائية Physical compounds**: وهي عبارة عن مواد يمتزج مع بعضها البعض ليكون خليطا حيث تحتفظ كل مادة بخصائصها الأولية، مثل الديناميت الذي يتكون من نيتروجلسيرين ونشارة الخشب ورمل وفحم ، ومثل البارود الأسود ويتركب من نترات البوتاسيوم والفحم و الكبريت.

رابعا : من حيث السرعة :-

ونقصد هنا بالسرعة أي سرعة المادة في التحول إلى الحالة الغازية .

١: بطيئة التحول أو ضعيفة القوة(السرعة) وهي مواد مشتعلة

ويكون تحول هذه المادة احتراقاً عادياً في الهواء الطلق وينفجر في حال ضغط المادة أو إشعال كمية كبيرة منها أو صعقها بواسطة صاعق عسكري في بعض المواد . وهو ما نسميه بالانفجار الميكانيكي وتصل سرعة الاحتراق إلى ١٠٠٠م/ث فما دون . ومن الأمثلة على المتفجرات بطيئة التحول : –

أ– نيتروسيليلوز تستخدم للدفع في الطلقات ، ولنقل الشعلة في الفتائل .

ب– الكوردايت يوجد في الحشوة الدافعة لقذيفة (آر بي جي) .

ج– البارود الصلب – للصواريخ .

د– الالستول ويستخدم للدفع في قذائف المدفعية .

وفي مجملها تستخدم كحشوات دافعة ، ويلعب النيتروسيليلوز دور أساسي فيها ، بل طورت الحشوات الدافعة ولا سيما للصواريخ بإضافة مواد تزيد من فاعلية الحشوات الدافعة مكونة عدة أنواع لها.

خواصها :

١. يتم تحولها إلى غازات يصحبها صوت وضوء ولهب إذا كبحت.
٢. سرعة الاحتراق تكون بين ٤٠٠ – ١٠٠٠ متر/ ثانية .
٣. الغرض منها إعطاء قوة دفع .
٤. يمكن التحكم في سرعة التحول بواسطة التحكم في السطح المعرض للاحتراق.
٥. تستعمل في دفع المقذوفات ولذلك سميت بالمواد القاذفة أو المواد الدافعة.

أنواع الحشوات الدافعة :–

- **أحادية القاعدة** : و يدخل في تركيبها النيتروسيليلوز .
- **ثنائية القاعدة** : ويدخل في تركيبها النيتروسيليلوز و النتروغلسرين
- **ثلاثية القاعدة** : ويدخل في تركيبها النيتروسيليلوز النتروغلسرين ومادة تحوي طاقة كبير مثل النتيروجيليكول H.M.X–RDX لا تزيد عن ٥% .
- **رباعية القاعدة** : ويدخل في تركيبها النيتروسيليلوز و مواد مؤكسدة تتكون من مواد بوليميرية رابطة كوقود .

وهناك حشوات دافعة سائلة مادة مؤكسدة مثل حمض النيتريك أو بيرو كسيد الهيدروجين أو الأكسجين أو غازات النيتروجين ... ومادة مختزلة (الوقود) مثل الهيدرازين والكحول وغيرها من المواد سريعة الاشتعال .

٢. سريعة التحول :–

وهي المواد و الخلائط التي تتحول تحت تأثير المؤثر الخارجي من الحالة التي تكون عليها إلى الحالية الغازية بسرعة كبيرة جداً تتراوح ما بين (١٠٠٠ –١٠٠٠٠ م/ث) تقريبا ويتولد عنها غازات ذات ضغط كبير لها قوة

تدميرية هائلة. معظم هذه المواد المتفجرة تتركب من وقود و مجموعتين أو أكثر من ثاني أكسيد النيتروجين (Nitrogen Dioxide)(NO_2). مثل مادة (TNT) و التي تتكون من الوقود و ثلاث مجموعات من ثاني أكسد النيتروجين. عندما الموجة الانفجارية تمر خلال جزئ (TNT) تتكسر رابطة ثاني أكسيد النيتروجين و يرتبط الأكسجين مع الوقود و هو الطولين في حالة ت ن ت. كل هذا يحدث في جزء من مليون جزء من الثانية.

خواصها :

١. يتم تحولها إلى غازات بسرعة كبيرة مصحوبة بحرارة وصوت وضوء ولهب .

٢. سرعة الانفجار تكون بين ١٠٠٠ – ١٠٠٠٠متر/ ثانية

وتقسم هذه المواد إلى ثلاثة أقسام حسب حساسيتها للمحرضات ، علما أن كل المواد المتفجرة في مجملها حساسة للمحرضات ولكن تتفاوت نسبة الحساسية من مادة إلى أخري ، ولا تعني الحساسية سرعة أكبر في التحول ، فمثلا نجد أن المواد النصف حساسة إجمالا أسرع من المواد الحساسة .

<u>تصنيف المواد السريعة التحول :</u>

<u>أ. مواد حساسة :–</u>

وهي المواد التي لا تملك استقرار كيمائي وتكون حساسة لأي محرض خارجي مثل(فولمينات الزئبق – أزيد رصاص ...) وسرعتها تقريبا ٥٠٠٠م/ث .

<u>ب– مواد نصف حساسة :–</u>

وهي مواد تملك استقرار كيميائي نوعاً ما ولكنها حساسة للموجة الانفجارية ، وهي سريعة جداً من أسرع المواد المتفجرة ، مثل (R.D.X – بيتان – تترايل) تصل سرعتها تقريبا ٨٠٠٠–٩٠٠٠ م/ث .

<u>ج– مواد ضعيفة الحساسية :–</u>

وهي مواد متفجرة تملك استقرار كيمائي حيث أنها لا تتأثر إلا بموجة انفجارية كافية لصعقها وهي آمنة نسبيا في التعامل معها ، مثل (TNT –C4 –C3 – الديناميت – الامونال ...) تصل سرعتهامن ٤٠٠٠ إلى ٧٠٠٠ م/ث .

<u>ونكرر ما ذكرنا</u> "ولا تعني الحساسية سرعة أكبر في التحول ، فمثلا نجد أن المواد النصف حساسة إجمالا أسرع من المواد الحساسة" <u>وسنشرح هذه العبارة:</u>

فلو نظرنا نجد ان المواد الحساسة مثل الفولمنات والازيد سرعتها حوالي ٥٠٠٠ م/ث،

المواد الضعيفة الحساسية مثل TNT سرعتها حوالي ٧٠٠٠ م/ث،

المواد التي بينها اي المتوسطة الحساسية هي اسرع المواد تصل من ٨٠٠٠–٩٠٠٠ م/ث،

ولكن قوة كل منهما تختلف.

وساضرب امثلة ليتضح الامر:

- **مثال ١** الان النترو غلسرين قوته ١,٥ من ال TNT بينما سرعته ٧٧٠٠م/ث،

مادة ال C4 قوتها هي ١,٣٤ من ال TNT بينما سرعته حوالي ٨٠٠٠ م/ث.

- **مثال ٢** الاماتول قوته ١,١٧ من ال TNT بينما سرعته ٤٩٠٠م/ث ،

و TNT طبعا قوته واحد بينما سرعته ٦٩٠٠ م/ث.

فنجد في المثالين ان الاقل سرعة هو الاقوى من ناحية القوة لكن لكلٍ غرض معين.

ولكل مادة عملها فمادة ال C4 تستخدم للقطع والقصم و TNT للتدمير وهكذا.

ولبيان ذلك مادة C4 موجة الصعق لها اكبر بكثير من موجة الصعق لـ TNT .

بينما موجة التفتيت والقذف للاخيرة اكبر بكثير من الاولى.

- **فتصنيف المواد:**
  - **المواد الحساسة اقل سرعة،**
  - **المواد المتوسطة الحساسية اكثر سرعة،**
  - **المواد الضعيفة الحساسية متوسطة السرعة.**

وسنفصل في هذه المسألة في موضوع الموجة الانفجارية.

ملاحظة اخرى:

فليس من الضروري ان تكون مادتين لهما نفس السرعة او القدرة ان تعطى نفس قوة القصم.

فهناك قانون لقوة القصم والتدمير للمادة ،

وقوة القصم = كثافة المادة * تربيع سرعة المادة .

وتعني قوة القصم هي قدرة المادة المتفجرة على تحطيم المواد المحيطة بها.

بالنسبة للقوة كما قلت الاصل ان المواد الاسرع هي الاقوى **لكن باعتبار الكثافة** وحسب القانون الذي ذكرت آنفا فالكثافة لها دور ايضا في تحديد القوة كما ان للسرعة دور.

فالمواد السريعة الاصل ان تكون هي الاقوى لو كانت كثافتها أكبر فهذا يعتمد على سرعة المادة وعلى كثافتها اما بالنسبة للمواد الحساسة فمعظمها سرعتها اقل كالفولمينات والازيد وغيره لكنه ليس قوي كالمواد السريعة التحول ..

وهذا الامر سيتضح اكثر بعد دراستك خصائص المواد ومواصفتها.

الفرق الكيميائي بين المتفجرات القوية و المتفجرات الضعيفة:

أما بالنسبة للفرق الكيميائي بين المتفجرات السريعة و المتفجرات البطيئة هو وجود المواد المؤكسدة و المواد المختزلة ففي حالة المواد المتفجرة السريعة يرتبط الأكسجين برابطة ضعيفة مع العامل المختزل و بالتالي يحتاج إلي طاقة خارجية عالية حتى تحافظ علي هذه الروابط و بالتالي عندما تكسر هذه الروابط تخرج هذه الطاقة العالية مسببة الدمار. أما في حالت المواد المتفجرة البطيئة يكون ارتباط الأكسجين مع العامل المختزل بروابط قوية و لذلك يكون الاشتعال سهل. أما إذا أردنا تفجير المواد المتفجرة البطيئة نقوم بكبحها و يفضل في كابح أنبوبي الشكل كما نري في الألعاب النارية حيث نلاحظ العديد من لفات الورق حول المادة المتفجرة البطيئة (المشتعلة) و بالتالي عند اشتعالها تنفجر أما بالنسبة للمواد المتفجرة السريعة فإنها تنفجر بدون كابح و لكن الأفضل أن تكبح في كابح حديد قوي خصوصا إذا كان الانفجار موجه.

و سنذكر أمثلة علي المواد المؤكسدة التي تستخدم في المتفجرات البطيئة (المشتعلة) مرتبة من الأضعف إلي الأقوى في الأكسدة :

١- نترات الصوديوم Sodium nitrate
٢- كلورات الصوديوم Sodium chlorate
٣- نترات الأمونيوم Ammonium nitrate
٤- نترات البوتاسيوم Potassium nitrate
٥- كلورات البوتاسيوم Potassium chlorate

أما المواد المختزلة (المشتعلة) التي تستخدم في المتفجرات البطيئة:

١- الكبريت Sulfur
٢- الفحم charcoal
٣- بودرة الألمنيوم Aluminum powder
٤- بودرة المغنيسيوم Magnesium powder
٥- تيتانيوم Titanium
٦- كل المواد المشتعلة بشكل عام.

طبعا هذه المواد تخلط مع بعضها البعض بنسب ٦٥% - ٩٠ % مادة مؤكسدة مع ١٠ % - ٣٥ % مادة مختزلة و ذلك حسب كمية الأكسجين الموجودة في كل مادة مؤكسدة علي حدة، و حسب كمية الحرارة الصاعدة من المادة المختزلة المحددة. علي سبيل المثال يحترق التيتانيوم أسرع المركبات المختزلة الموجودة كما تعتبر مادة كلورات البوتاسيوم أفضل مادة مؤكسدة لأنها تعطي كمية كبيرة من الأكسجين بالمقارنة بالمواد المذكورة سابقا. لكن عيبها أنها مادة حساسة لأي شرارة أو احتكاك لذلك يفضل الابتعاد عنها قدر الامكان و يفضل استخدام مادة قوية مثلها لكنها اقل حساسية مثل ثنائي كلورات البوتاسيوم Potassium bichlorate و لذلك تستخدم هذه المادة في الألعاب النارية.

تحذير : يعتبر غبار المعادن (بودرة الألمنيوم و المغنيسيوم) مضر جدا للجهاز التنفسي و يمكنه قتل الإنسان.

تنقسم المواد المتفجرة السريعة من حيث الحساسية إلي ثلاث أنواع:

١ – مواد متفجرة بادئة: (حساسة)

هي عبارة عن مواد شديدة الحساسية و قابلة للانفجار نتيجة أي مؤثر خارجي مثل (الحرارة ، الاحتكاك ، الضغط ، الصدمة) و تكون هذه المواد مادة أساسية في تصنيع الصواعق حيث يبدأ بها الانفجار لاستجابتها السريعة للمؤثرات الخارجية و كأمثلة علي هذه المواد:

- فلمنات الزئبق
- فلمنات الفضة
- أزيد الرصاص
- أزيد الفضة
- ستفينات الرصاص
- بيرو كسيد الأستون

٢ – مواد متفجرة مكبرة أو مضخمة Booster : (نصف حساسة)

و هي مواد أقل حساسية من المواد الحساسة و أكثر أمانا، و تتأثر بالمؤثرات الخارجية و لكن ليس كالمواد الحساسة و عادة تستخدم مثل هذه المواد كوسائط في المتفجرات (بمعني نقل الموجة الانفجارية من المادة الحساسة إلي المواد العديمة الحساسية و تكبيرها) وذلك لان سرعتها الانفجارية تكون عالية بالمقارنة بالسرعة الانفجارية للمواد الحساسة. فعلي سبيل المثال سرعة انفجار فلمنات الزئبق تساوي تقريبا ٤٥٠٠ متر في الثانية، في حين سرعة انفجار RDX كمادة مضخمة تصل إلي ٨٦٠٠ متر في الثانية. و من أمثلتها:

- أر دي اكس RDX أو هيكسوجين Hexogen
- البنترايت PETN و هي اختصار إلي Penta Erythritol Tetra Nitrate
- حمض البكريك Picric Acid
- التيتريل Tetryl

٣ – مواد متفجرة ثانوية (خاملة)

هي مواد ضعيفة الحساسية لأنها لا تتأثر بالعوامل الخارجية و لا تنفجر إلا بالصعق (الصاعق) و يطلق عليها عادة اسم المواد البليدة أو الخاملة. و كأمثلة علي هذه المواد:

- ت ن ت Tri Nitro Toluene (TNT)
- نيترو يوريا Nitro Urea
- نترات الأمونيوم Ammonium nitrate
- نترات النشا Nitro Starch

خصائص المتفجرات

إن دراسة خصائص المتفجرات هو الباب الذي يمكن أن ندخل منه لكي نتعرف على نوع المادة المتفجرة التي لدينا و الخصائص التي سوف نتطرق إليها نوعان:

١. **الخصائص الفيزيائية.**
٢. **الخصائص الكيميائية.**

أولا: الخصائص الفيزيائية:

هي الخصائص التي تتعلق الصفات الطبيعية للمادة و التي هي كثيرة سوف ندرس منها ما يمكن أن نستفيد منه ضمن إمكانياتنا المتاحة و هي:

١. **اللون**: هو عنصر أساسي في تحديد المادة المتفجرة.
٢. الكثافة g/cm3:يمكن اللجوء لهذه الخاصية للتفريق بين نوعين من المادة المتفجرة لها نفس اللون، و يتم حسابها بقسمة الوزن على الحجم للمادة المتفجرة
٣. **الإنصهار**: و هي درجة الحرارة التي يتم فيها إنصهار مادة متفجرة و تحولها من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة لكي يتم صناعة الأشكال التي نريدها.
٤. **الحساسية للإحتكاك**: و هي مدى قدرة مادة متفجرة ما على مقاومة الإحتكاك بمادة أكثر صلابة و خشونة التي قد تسبب الإنفجار.
٥. **الحساسية للصدمة**: هي مدى قدرة مادة متفجرة ما على مقاومة الصدمة التي تنتج من جسم آخر أو أنفجار قريب منها.
٦. **درجة حرارة الإنفجار**: هي درجة الحرارة التي إذا تعرضت إليها مادة متفجرة ما فإنها تنفجر و لكل مادة متفجرة درجة حرارة انفجار يجب معرفتها و الحذر منه.
٧. **الحرارة الناتجة عن الانفجار**: هي درجة حرارة الناتجة من انفجار مادة متفجرة ما و هي قد تصل في بعض المواد إلى ٤٠٠٠ درجة مئوية.
٨. **سرعة الانفجار**: هي السرعة التي تنتقل بها موجة الانفجار داخل جزيئات المادة وتتراوح عادة من ١٠٠٠ – ١٠٠٠٠ م/ث و ذلك في المتفجرات عالية القوة أما في المتفجرات ضعيفة القوة (المواد المشتعلة) فتتراوح عادة من ٤٠٠ – ١٠٠٠ متر في الثانية .

ثانيا: الخصائص الكيميائية:

١. **الذوبان في الماء**: بعض المتفجرات تذوب في الماء بشراهة لذلك تجد أن العبوة التي تحتوي على هذه المواد تتعرض للتلف في حال إهمالها، كما أنه يوجد متفجرات تعمل تحت الماء دون أن تتأثر بالوسط المحيط.

لذلك يجب معرفة المتفجرات المحبة للماء و المتفجرات الكارهة للماء للإحتياط في عملية التخزين و عملية الاستخدام.

٢. **الذوبان في المذيبات العضوية**: حيث أن بعض المتفجرات تذوب في المذيبات العضوية مثل الأسيتون ، التنر ، البنزين، و غيرها من المذيبات الشائعة.

٣. **سرعة الاشتعال و لون الغاز المتصاعد**: و هي تعطي انطباع عن كمية الشوائب الموجودة بها و كمية الأكسجين في المادة المتفجرة.

سؤال مهم:

ما هو الفرق بين المواد المحرضة والقاصمة؟ الفرق واضح فان الأولى تتأثر بالحرارة وتنصعق. حيث أن الكتلة الحرجة لها صغيرة جدا وأما الثانية فلا تتأثر بالحرارة وإنما تحتاج صعقة قوية وكذلك الكتلة الحرجة لها كبيرة جدا (إذا اردنا التأثير عليها بالحرارة لتنصعق) وهناك فرق آخر بينهما فأن الغازات الناتجة عن الأولى تتجه وتنتقل بعيدا عن السطح المتفاعل بينما في الثاني الغازات تتجه وتنتقل إلى الداخل وبذلك تؤدي إلى تراكم وازدياد الضغط على السطح مما يؤدي لصدمة قوية.

أسماء وخصائص المتفجرات البادئة

هي متفجرات محرضة وظيفتها تحريض غيرها من المتفجرات وهي أكثر المواد حساسية وهي حساسة للصدم والاحتكاك والحرارة وشرارة الكهرباء والاشعاع المغناطيسي وتستخدم في صناعة الصواعق كبادئ للعملية الانفجارية ومن أهمها فلمنات الزئبق ، أزيد الرصاص ، أزيد الفضة ، بروكسيد الهكسامين ، بروكسيد الأسيتون اسيتيليد النحاس، بكرات الرصاص، تيترازول، ستيفنات الرصاص، فلنات الفضة، ، وسرعتها الموجية منخفضة وقوتها ضعيفة

الجهاز الذي يختبر حساسية المادة للصدمة من خلال إسقاط وزن محدد

<u>وعليها ان تتصف بالشرطين التاليين</u>

- ان تتمتع بحساسية شديدة تجعلها تشتعل مدوية عندما تمس لهبا او تتلقى صدمة او احتكاك
- ان تكون صالحة لنقل الانفجار الي المتفجرات الاخرى التي هي على تماس معها

<u>و فيما يلي شرح عن بعض هذه المواد:</u>

الجهاز الذي يختبر حساسية المادة للشحنة الكهربائية

الجهاز الذي يختبر حساسية المادة للاحتكاك

فلمنات الزئبق

- الرمز الكيميائي: (cno)2 hg

$$[C \equiv N - O]_2 Hg$$

- الوزن الجزيئي: ٢٨٤,٦٢
- البناء التركيبي:

$$O = N \equiv C - Hg - C \equiv N = O$$

- **تعريفها وتاريخها ونبذة عنها:** حصل العالم هورد بشكل عفوي عليها عام ١٧٩٩م بإضافة الزئبق على حمض النيتريك و معالجة المزيج على الايثانول ويقال انه تم اكتشافتها عام ١٧٨٨على يد الفرنسي بيرثوليت وفي عام ١٨٦٤ اخترع الفرد نوبل الصاعق المعدني واستخدم فيه فلمنات الزئبق وتسمى ايضا سيانات الزئبق .
- **استخدام الفلمنات**: تستخدم في صناعة الصواعق و طعوم الاشتعال والكبسولات لمختلف أنواع الذخائر.
- **لونها وطبيعتها** :حبيبات على شكل بودرة أو ابريه الشكل لها عدة ألوان أبيض وبني فاتح ورمادي وأنقاها الرمادي، و الأبيض أكثرها حساسية كل حسب طريقة التحضير وكمية الشوائب الموجودة في المواد المحضرة .
- **كثافتها**: 4.43جم/سم٣ .
- **ضغط الفلمنات:** إذا ضغطت ضغطا شديدا أصبحت غير حساسة كما هو الحال في جميع المتفجرات . وإذا ما زاد الضغط عن ٤٠٠كجم/سم٢ أصبح من الصعب جدا جعلها تشتعل مدوية بالصدم والحرق.
- **درجة الانصهار:** تنفجر عند درجة الانصهار ١٧٠.
- **درجة حرارة بدء الانفجار**: وهي جافة تساوي من ١٧٠ – ١٨٠م وهي تنفجر مدوية عندما تمس جسما متقدا. أو تعاني طرقا أو احتكاكا والبلورات الضخمة أكثر حساسية من الدقيقة.
- **الطاقة الناتجة من الانفجار:** ٤١٥كالوري/كجم.
- **الحرارة الناتجة من الانفجار:** ٣٥٣٠ درجة مئوية.
- **الغاز الناتج من الانفجار:** ٣١٤ لتر لكل كجم .
- **سرعة الانفجار** : ٤٣٠٠ –٥٠٠٠ م/ث وعند عمل خليط مع الكلورات بنسبة ١٥: ٨٥ وكثافته ٣,١٦ فينفجر بسرعة ٤٠٩٠م/ث.
- **قوة الانفجار** : ٠,٥ بالمقارنة مع قوة TNT .
- **شراسة المادة:** ٠,٣ بالمقارنة مع شراسة TNT .
- **الحساسية:** وهي جافة تعتبر حساسة جدا للصدمة والاحتكاك ويمكن ان تنفجر باي شرارة او لهب وهي حساسة للصدمة اكثر من ازيد الرصاص وحساسة للصدم والوخز والحرارة والكهرباء والبلورات الكبيرة أكثر حساسية من البلورات الدقيقة .

• **القطر الحرج**: تنفجر ولو كانت غبار .

• **الثبات الكيميائي**: تعتبر الفلمنات من المواد الثابتة القوية حيث من الممكن أن تخزن في درجة حرارة من ٥٠ – ٦٠م لمدة ستة أشهر في جو خال من الرطوبة وتفقد خلال هذه المدة ٣٦% من وزنها فقط .

• **الذائبية** : عديمة الذوبان في الماء البارد وتذوب بعض الشيء في الماء المغلي (٨جم/١٠٠مل).

• **مقاومة الحرارة والرطوبة**: تعتبر مستقرة بالنسبة للحرارة لتحملها درجة ١٦٠ درجة مئوية و تتأثر بالرطوبة فتنخفض قدرتها على الانفجار فعند نسبة رطوبة ١٥% تشتعل ولا تنفجر ، وعند نسبة ٣٠% لا تشتعل ولا تنفجر

• **الحساسية لضوء الشمس**: هي حساسة لضوء الشمس والبلورات البيضاء أكثر حساسية من الرمادية وعند التعرض لضوء الشمس لمدة ٣٢٠ ساعة تتصاعد منها كمية من الغازات (تتصاعد من الفلمنات البيضاء غازات أكثر من الفلمنات الرمادية) ومن الممكن أن تسبب هذه الأشعة حدوث انفجار للفلمنات إذا سقطت عليها بشدة كما أن الأشعة فوق البنفسجية تسبب تحللا جزئيا مع تصاعد غازي النتروجين وأول أكسيد الكربون.

• **تأثير المعادن**: لا تتفاعل مع معدن النحاس الجاف لذلك تصنع صواعقها منه بينما تتفاعل مع معدن الألمنيوم لتكون مركبات غير قابلة للانفجار (AL2O3) .

– وتتفاعل أيضا مع كلورات البوتاسيوم معطية أكسيد الزئبق مع مركب عالي الحساسية للانفجار.

• **التبخر**: قليلة التبخر في الهواء نظرا لكثافتها العالية وارتفاع درجة انصهارها.

• **النقل والتخزين**: تنقل وتخزن تحت الماء ويتم تبخير الماء منها في اناء مسطح بلاستيكي في جو الغرفة وبدون تعرضها للضوء ولا تحفظها وهي رطبة بوعاء نحاس حتى لا تتحول لفلمنات نحاس.

• **السمية** : سامة مثل جميع أملاح الزئبق.

• **ميزان الاكسجين**: نقص يقدر ١١,٢%.

• **المواد الداخلة في تحضيرها**: الزئبق وكحول الايثيل وحمض النيتريك.

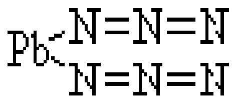
• **الانحلال**: عديمة الانحلال في الماء وإذا تم إشباعها بالماء بنسبة ٣٠% فإنها لا تشتعل ولا تنفجر وتنحل بسهولة في القلويات القوية مثل الصودا الكاوية (NaOH) و تنحل كذلك مع الانيلين مكونة ثنائي فنيل جوانيدين + معدن الزئبق.

• وتتميز بداية تفكك الفلمنات بانفصال الزئبق على شكل قطيرات دقيقة سهلة الملاحظة بالمجهر. وفي هذه الحالة تكون خطرة ويجب تخريبها بغطسها في محلول مركز من الصودا الكاوية وعندما تكون الفلمنات رطبة فأنها تتفكك ببطء عند تماسها للمعادن المؤكسدة وخاصة النحاس إذ يحل النحاس محل الزئبق مشكلاً فلمنات النحاس الأقل حساسية بكثير تجاه الصدم وهذا يشرح سبب عطل كثير من القذائف الرطبة والقديمة.

ملاحظة : مؤخرا تم استبدالها بمواد متفجرة اقل سمية واكثر استقرار لوقت اطول مثل ازيد الرصاص وستيفنات الرصاص ومشتقات التيترازين.

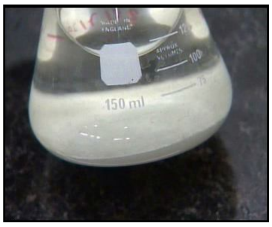
أزيـــد الرصـــــاص

- **الرمز الكيميائي:** pb(N3)2
- الوزن الجزيئي ٢٩١,٢٤
- **البناء التركيبي:**



- **الخواص الطبيعية ونبذة عنها** : هي مادة متفجرة غير عضوية اقدر على الصعق من الفلمنات فاقل كمية فلمنات تصعق TNT هي ٠,٢٤٠جرام اما الازيد فيصعق ٠,١٦٠جرام وهي أقل حساسية من الفلمنات لكنها أقدر على الصعق وعند وضع أحجار رملية مع الأزيد تكون حســاسيته للصدم اكبر من الفلمنات والجزيئات الكبيرة أكثر حساسية .

- **تاريخها:** اول مرة تم تحضيرها هي وازيد الفضة وازريد الزئبق عام ١٨٩٣ في برلين ، لكن حدثت الكثير من الانفجارات مما اخر الاستخدام لعام ١٩٠٩فتم استخدامه في صناعة الكبسولات وفي عام ١٩١٤ تم استخدامه في الصواعق في المانيا بعدما تم خلطه مع الدكسترين التي تخفف من حساسيته.
- **استخدامها:** بادئة في الصواعق والكبسولات وهي اهم المواد المتفجرة الاولية لانها الاكثر استخداما بالعالم.
- **لونها:** بيضاء اللون او أبيض مائل للوردي.
- **كثافته:** (4.8) غم/سم٣ .
- **درجة انصهاره** : ٣٥٠ درجة وعندها ينفجر.
- **درجة بدء انفجاره:** عند (٣٥٠م) ويمكن خفضها إلى ٣٣٦ْ م بإضافة محلول خلات الرصاص.
- **الطاقة الناتجة من الانفجار:** ٣٩١ كالوري/كجم.



- **الحرارة الناتجة من الانفجار:** ٣٧٢٠م.
- **الغاز الناتج من الانفجار:** ٢٣١ لتر /كجم.
- **سرعة انفجاره:** ٥٣٠٠ م/ث وهي السرعة القصوى.
- **قوة الانفجار:** ٠,٣٧ مقارنة مع TNT.
- **شراسة المادة** : ٠,٤ مقارنة مع TNT.
- **الحساسية**: وهي أقل حساسية من الفلمنات للاحتكاك والصدمة والحرارة وعند وضع أحجار رملية او زجاج مطحون مع الأزيد تكون حســـاسيته للصدم اكبر من الفلمنات والجزيئات الكبيرة أكثر حساسية.
- **القطر الحرج**: تنفجر ولو غبار.
- **الثبات الكيميائي**: اكثر استقرار من الفلمنات نظرا لعدم امتصاص الرطوبة وتحملها لحرارة اعلى.
- **الذائبية**: عديم الذوبان في الماء البارد ويذوب في الماء المغلي بنسبة بسيطة ٠,٥ غم/ لتر ويذوب كذلك في خلات الأمونيوم و خلات الصوديوم وليس جذوبا للرطوبة ويشتعل مدويا حتى ولو كان فيه ٥٠% من الماء

و إذا أصبح أكثر رطوبة غدا اقل حساسية بكثير من الفلمنات فعندما تبلغ نسبة الرطوبة فيه ٣٠ % تقل حساسيته ولذلك عند تخزينه بكميات كبيرة يحفظ تحت الماء أو في آنية مصنوعة من معدني الألمنيوم أو الزنك وفي درجة حرارة ما بين ٥ - 25° م.

- **مقاومة الحرارة والبرودة**: وهي مادة مقاومة للحرارة ولذا تستخدم استخدامات خاصة مثل سفن الفضاء
- **تأثره بالضوء وبأشعة الشمس**: يتأثر بالضوء فيترسب الرصاص على بلوراته فيتغير لونها من الأبيض إلى الرمادي الذي تختلف شدته باختلاف مدة تعرضه للضوء ومدى شدته وإذا تعرض الأزيد إلى أشعة الشمس أو أشعة الضوء ما فوق البنفسجي تعرضا طويلا جدا فان ذلك يؤدي إلى انفجاره و يتأثر بدرجة حرارة ٣١ م.
- **التفاعل مع المعادن**: يتفاعل مع النحاس و يشكل مركب خطر لذلك لا يستخدم في الأوعية النحاسية ويستخدم في الصواعق ذات الغلاف الألمنيوم أو الزنك لأنه لا يتفاعل معهما.
- **التبخر**: قليل التبخر في الهواء نظرا لكثافته العالية وارتفاع درجة انصهاره او انفجاره.
- **النقل والتخزين**: تنقل وتخزن تحت الماء ويتم تبخير الماء منها في اناء مسطح بلاستيكي في جو الغرفة وبدون تعرضها للضوء.
- **السمية**: التعرض المستمر له يسبب تهيج حاد بالعيون والجهاز التنفسي وابتلاعها يسبب القتل، والاعراض الرئيسية للتسمم به انخفاض ضغط الدم وفقر الدم واضطرابات النوم والتعب والشلل.
- **ميزان الاكسجين**: لا يحتوي في تركيبه على ذرة الاكسجين.
- **خلطاته**: يمكن خلطه مع مادة الدكسترين النشوية وعند خلطه بمادة بمحلول٠,٥% ستيرات الكالسيوم يحدث انفجار مباشرة .
- **انحلاله وتخريبه والتخلص منه**: يمكن تخريبه بغطس الأشياء المحتوية عليه في محلول مركز من خلات الصوديوم أو خلات الأمونيوم .

أزيد الفضة:

بلوراته بيضاء اللون له نفس خصائص ازيد الرصاص الا انه اقل حساسية منه وله قابلية في امتصاص الرطوبة لكن ليس الي الحد الذي يفقده القدرة على الصعق

ازيد النحاس:

يعتبر من اكثر المحرضات خطورة ومن اشدها حساسية فبمجرد ان يجف من تصنيعه يكون قابلا للانفجار باقل مؤثر خارجي من اهتزاز او احتكاك او طرق بسيط ولذا فاكثر اساتذة التصنيع لا يدرسونه الا نظريا ولا يصنعوه ولا ينصحون بتصنيعه ولا باس من تصنيع للمتخصصين **وغالبا ما يستخدم في الرسائل الملغومة.**

بروكسيد الأسيتون

- **الرمز الكيميائي**: [(CH3)2 CO2]2
- **تعريفها والاسماء الاخرى:** مادة متفجرة حساسة عضوية وتسمى ايضا تري سيكلو اسيتون بيروكسيد ويطلق عليها أم العبد وأم الشيطان يمكن أن تنفجر بواسطة الاحتكاك والصدم والحرارة أو نقطة صغيرة من حمض الكبريت.\الا تحتوي في تركيبها على ذرة النيتروجين.
- **تاريخها:** تم اكتشافها على يد الالماني الكيميائي رتشارد عام ١٨٩٥.
- **استخدامها**: لا تستخدم الا كمادة بادئة في الصواعق اذا لم يتوفر غيرها نظرا لسهولة الحصول على المواد الأولية اللازمة تصنيعها ولرخص هذه المواد.
- **لونها**: عبارة عن بلورات بيضاء .
- **كثافته** : ١,٢٢ جم/سم٣ .
- **درجة انصهارها**: ٩١ درجة مئوية .
- **درجة غليانها**: ٩٧-١٣٠ درجة مئوية .
- **درجة بدء الانفجار** : ١٣٠ درجة مئوية.
- **الطاقة الصاعدة من الانفجار:** ٣٤٦كالوري/كجم.
- **الحرارة الناتجة من الانفجار**: ١٧٢٥ درجة مئوية.
- **الغاز الناتج من الانفجار:** ٢٥١ لتر/كجم.
- **سرعة انفجارها**: ٥٣٠٠ م / ث عند كثافة ١,٢٢و٣٧٥٠م/ث عند كثافة ٠,٩٢ .
- **قوة الانفجار او قدرته**: تصل ٠,٣٣ مقارنة مع قوة TNT.
- **شراسة المادة**: ٠,٦ مقارنة بشراسة TNT.
- **الحساسية**: هي أكثر حساسية من أزيد الرصاص وفلمنات الزئبق وهي اكثر حساسية من النيتروجلسرين بعشرة اضعاف ولذلك هي اكثر مادة حساسة للحرارة عرفتها البشرية.
- **القطر الحرج**: تنفجر ولو كانت غبار .
- **الثبات الكيميائي:** المركب الكيميائي غير مستقر لان بلوراته كبيرة الحجم لذلك يمكن ان ينفجر باقل محرض ولذا لا ينصح بتاتا استخدامها .
- **الذائبية**: لا تذوب في الماء لكنها تذوب في الاسيتون.
- **مقاومة الحرارة والبرودة:** حساسة جدا للحرارة والبرودة.
- **التفاعل مع المعادن:** لا تتفاعل مع المعادن.

• **التبخر او التطاير**: قابلة للتطاير في درجة حرارة الغرفة العادية والتحول إلى غاز لذلك تحفظ تحت الماء في أوعية محكمة الإغلاق حيث وجد أنها تفقد نصف وزنها بعد مرور عشرة ايام من تعرضها للهواء الجوي وهذا عيبها الكبير .

• **النقل والتخزين**: تخزن وتنقل باستمرار تحت الماء البارد بدرجة حرارة لا تزيد عن ١٠ وعند الاستخدام يتم تبخير الماء ببطء حتى لا ترتفع درجة الحرارة.

• **السمية**: لا يوجد دراسات تؤكد سميتها.

• **ميزان الاكسجين**: فقيرة جدا نقص ١٥١%.

• **المواد الداخلة بالتحضير**: بيروكسد الهيدروجين، الاسيتون.

• **خلطاتها**: يمكن خلطها مع نترات الامونيوم بحيث النسبة تكون ١٠ بيروكسيد:٩٠نترات او ٢٥: ٧٥ ويمكن خلطها مع حمض البكريك ، TNT,RDX، والتترايل بنسبة ٤٠ من هذه المواد الي ٦٠ من بيروكسيد الاسيتون.

بروكسيد الهكسامين

- **الرمز الكيميائي**: C6 H12 O6 N2
- **كثافتها**: عبارة عن بلورات بيضاء كثافتها ١,٥٧جرام/ سم٣
- **الذائبية**: لا تذوب في الماء ولا في معظم المذيبات العضوية وتحفظ في غرفة باردة وجافة في درجة الحرارة العادية
- **التبخر**: تتبخر عند درجة ٤٠ فما فوق وبهذا هو أفضل من بروكسيد الأسيتون كما انه يبدأ بالتحلل عند درجة ٧٥ م يتحلل كليا بعد مرور ٢٤ ساعة من التسخين وعند غليانه في الماء يتحلل مطلقا غاز الأكسجين
- **سرعتها الانفجارية**: ٤٥١٠ م / ث
- **درجة انفجارها**: تنفجر عند درجة ٢٠٠ مئوية وهو اقل حساسية للصدم من الفلمنات واشد قوه منها .
- **ملاحظة**: هي الأفضل عملياً لصناعة الصواعق.

فولمنيات الفضة :

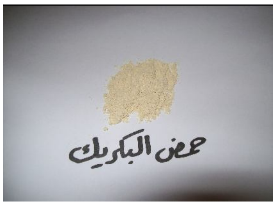
وهي أكثر حساسية من فولمنيات الزئبق واستخداماتها قليلة لشدة حساسيتها وارتفاع ثمنها ، وتستخدم في خلائط المتفجرات و في كبسولات الطلقات لألعاب الأطفال حيث يتم الحصول على صوت مدوي باستخدام كميات صغيرة لتجنب المخاطر .

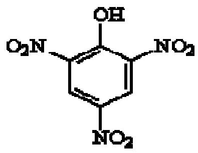
أسماء وخصائص المتفجرات المنشطة أو المضخمة

هي مواد متفجرة لها سرعة انفجارية عالية و قوة تدميرية عالية و حساسيتها متوسطة، لذا فهي تستخدم كمنشط لتضخيم الموجة الانفجارية من المتفجرات الأولية إلى المتفجرات الثانوية الأقل حساسية لذا في تسمى Booster ومنها حمض البكريك ، اوكتا نيترو كيبان ، التيترايل، هيبتا نيترو كيبان ، الهكسوجين والاوكتجين والبيتان واريثريتول تيترا نيتريت ، CL20، هيكسا نيترو ايثان ، HPT

فيما يلي شرح عن بعض هذه المواد:

حمض البكريك





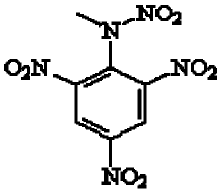
- **الرمز الكيميائي**: C6 H2 OH (NO2)3
- **البناء التركيبي**:
- **الوزن الجزيئي**: ٢٢٩,١٠
- تعريفها والأسماء الأخرى: مادة متفجرة عضوية تسمى TNP ويسمى حمض المر اسمه بفرنسا MELINITE D وبانجلترا LYDDITE وبألمانيا PERLIT و**يستخدم في فرنسا بدل TNT** ويندر **استخدامه عند المجاهدين لقلة توفره ويسمى الميلينيت.**
- **تاريخها**: كان يستخدم قديما كمادة ملونة صفراء لصبغ الصوف والحرير وأول من نجح بتفجيرها الألماني هيرمان سبرينغل عام ١٨٧٣ ودخلت الاستخدامات العسكرية عام ١٨٩٤ على يد روسيا.
- **استخدامها**: تستخدم في تعبئة القذائف العسكرية ويستخدم في الأمور المدنية كالصباغة وفي الصيدليات كمطهر و يستخدم بتركيز ٠,٤% في صناعة دواء ضد حمي التيفود ويدخل في صناعة المراهم الجلدية المضادة للحروق.

- **لونها**: بلوراته إبرية صفراء اللون فاتحة.
- **كثافته** : ١,٧٦٣ غم/سم٣.

- **درجة انصهاره**: بلوراته ١٢٠ -١٢٢,٥م.
- **درجة غليانه**: ٣٠٠ مئوي وعندها ينفجر.
- **درجة بدء انفجاره**: عند نقائه ٣٠٠ م عند إضافة الكبريت تنخفض درجة انفجاره (يصبح اشد حساسية).
- **الطاقة الناتجة عن انفجاره**: ٨٢٢ كالوري/كجم.
- **الحرارة الناتجة عن انفجاره**: ٢٤٣٩ درجة مئوية.
- **الغاز الناتج من الانفجار**: ٨٢٦ لتر/كجم.
- **السرعة الانفجارية**: ٧٣٥٠م/ث .

- **قوة الانفجار**: ١,١٩ بالمقارنة مع قوة TNT.
- **شراسة المادة**: ١,٠١ بالمقارنة مع شراسة TNT.
- **الحساسية**: أعلى حساسية للصدم والاحتكاك والحرارة والانشطار من التترايل ومن (TNT) وينفجر بتأثير طلقة نارية.
- **القطر الحرج**: ٦ ملم.
- **الثبات الكيميائي**: الافضل تخزينه في حالة رطبة لحساسيته النسبية.
- **الذائبية**: عديمة الذوبان في الماء البارد وتزداد الذائبية كلما زادت درجة الحرارة وتذوب كذلك في حمضي الكبريتيك و النيتريك المركزان ويذوب كذلك في المذيبات العضوية وأكثرها إذابة له الأسيتون ثم الكحول الاثيلي ثم الكحول الميثيلي.
- **مقاومة الحرارة والبرودة**: مقاومته معتدلة ولا يفضل تعريضه لحرارة عالية.
- **تأثير الضوء وأشعة الشمس عليه**: إذا تعرض للضوء أو أشعة الشمس لمدة عدة شهور لا يحدث له تغيير.
- **التفاعل مع المعادن**: يتفاعل مع المعادن ويكون بكراتها واخطرها بكرات الرصاص وهي مادة حساسة.
- **التبخر**: يعتبر مادة خطيرة لتطايره في درجة حرارة الغرفة.
- **النقل والتخزين**: يتم نقله وتخزينه في صناديق من الخشب أو الزجاج والقصدير أو براميل ذات سماكة جدران لا تقل عن ١,٥سم ويمكن تخزينه في أحواض أسمنتية أو حجرية أو طوبية وذلك لان حمض البكريك يتفاعل مع معظم المعادن ماعدا الزنك وينتج بكراتها الشديدة الحساسية كما تستخدم بيكرات الرصاص كمادة محرضة في الصواعق و**يمكن** صهر وصب حمض البكريك في قوالب.
- **درجة السمية**: يعتبر من المواد السامة شديدة السمية وطعمه مر جدا لذلك يسمى أحيانا بحمض المر وعند لمسه أو استنشاق الأبخرة المتصاعدة منه عند تحضيره بكمية كبيرة تحدث تلك الإعراض اصفرار الجلد والأسنان مع ارتخاء العضلات وفقدان السيطرة على الاتزان مع الآم في الرأس وارتفاع في درجة الحرارة لذلك يجب الاحتياط عند تحضيره أو التعامل معه مثل لبس الملابس الواقية والقفازات وغسل الأيدي والوجه والمضمضة قبل الأكل جيدا.
- **المواد الداخلة في تحضيرها**: الفينول ، حمض النيتريك المركز ٧٠% وحمض الكبريتيك المركز ٩٨ كل ٢٥ جرام فينول تعطي ٤٠ جرام حمض بكريك.
- **خلطاتها**: يخلط مع شمع ١٠% و فازلين ٥% مع تسخين يضمن تجانس المواد فيتكون خليط بلاستيكي سرعته ٧٠٠٠م/ث وكذا يخلط مع TNT ويسمى MAT وهو خليط فرنسي.

التترايل



- **الاسم**: (رباعي نترو مثيل الانيلين).
- **الرمز الكيميائي**: C6 H2 (NO2)3 N (NO2 CH3
- **البناء التركيبي**:
- **الوزن الجزيئي**: ٢٨٧,١٥
- **تعريفه ونبذه عنه**: مادة متفجرة نصف حساسة وحاليا لا تصنع في امريكيا وتوجد فقط للالغام المضادة للافراد القديمة مثل M14 و**التترايل له أسماء عديدة:** منها بيرونيت و ٢، ٤، ٦ تري فينيل ميثل نيترامين ويعرف في إنجلترا باسم (COMPOSITION EXPLODING) وبالالماني تيتراليت وبالروسي تيتريل وتعتبر مادة من مشتقات البنزين ويتميز بقوة انفجاره وحساسيته عن (TNT) و البكريك حيث أنه أكثر حساسية للانفجار منه التترايل بحيث أنه ينفجر مباشرة عند إسقاطه على سطح نحاسي ساخن عند درجة ٣١٠°م وهو أقوى انفجارا من (TNT) بنسبة ١,٣ إلى أقصى حد .

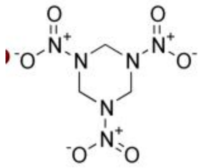
- **تاريخه**: تم تصنيعه اول مرة ١٨٧٧م وكان له اول استخدام في الحرب العالمية الاولى
- **استخدامه**: ويستخدم في قذائف RPG الروسية وفي الألغام المضادة للأفراد والمركبات خصوصا في الالغام الايطالية وفي الفتائل المتفجرة ذات اللون الأبيض (حبال الكورتكس) ويمكن ان يستخدم ايضا كمحرض في الصواعق وكبوستر في الذخائر

وقد استخدم اليهود لغم ٢٠كجم منه لاغتيال احد مجاهدي جماعة انصار بيت المقدس بسيناء وذلك عبر زراعته في طريق منزله ويتم تفجيره باغلاق الكتروني لشريحة وضعوها في دراجته النارية بحيث تغلق دائرة التفجير عند المرور بجوارها وكان ذلك بشوال ١٤٣٣هـ

- **خواصه**: بلورات صفراء اللون مائلة للون البرتقالي عديم الرائحة ذو طعم مالح.
- **كثافتها**: ١,٧٣ غم/سم٣.
- **درجة الانصهار**: ١٢٩,٥ درجة مئوية .
- **درجة الغليان**: ١٨٧ درجة مئوية.
- **درجة بدء الانفجار**: ١٨٧ درجة مئوية.
- **الطاقة الناتجة من انفجاره**: ١١٤٠كالوري.
- **الحرارة الناتجة من الانفجار**: ٢٩١١ درجة مئوية.
- **الغاز الناتج من الانفجار**: ٨٦١ لتر/كجم.

- **السرعة الانفجارية**: ٧٢١٠-٧٧٠٠م/ث.
- **قوة الانفجار**: ١,٣٧ بالمقارنة مع TNT وقد تصل لـ ١,٥.
- **شراسة المادة**: ١,٢٣ بالمقارنة مع قوة TNT.
- **الحساسية**: حساسة للصدمة والاحتكاك واطلاق النار.
- **القطر الحرج**: ١٣ملم.
- **الثبات الكيميائي والحراري**: لا يتحلل في درجة حرارة الغرفة ولمدة عدة سنوات ولا يتفاعل مع المعادن ويبقى مستقر ولو ارتفعت درجة الحرارة قليلا، لكن ملامسة مادة التيترايل مع المواد المؤكسدة مثل الهيدرازين وثلاثي اكسجين ثنائي فلوريد تسبب حريق ومن ثم انفجار مباشر.
- **الذائبية**: عديم الذوبان في الماء ويذوب في الأحماض المركزة وفي الأستون والبنزين الساخنان ويعود بالتبريد نقيا أما بالنسبة للأحماض فيعود مرة أخرى بإضافة الماء.
- **مقاومة الحرارة والبرودة**: مقاومتها معتدلة لكن لا يفضل استخدامها في الاعمال التي فيها حرارة عالية.
- **تأثير الضوء واشعة الشمس**: اشعة الشمس تعمل على تكسير مادة التيترايل.
- **التفاعل مع المعادن**: لا تتفاعل مع المعادن
- **التبخر**: ممكن ان تتبخر في درجة حرارة الغرفة على هيئة بخار سام.
- **النقل والتخزين**: يمكن تخزينها بحاويات خشبية او بلاستيكية او معدنية لانها لا تتفاعل مع المعادن.
- **درجة السمية**: يعتبر من المواد السامة وكذلك أبخرته لذلك يسبب سعلة وصداع في الراس وفقد الشهية ونزيف في الانف، يعتبر غبار التيترايل سام اذا زاد معدل البخر عن ١,٥ مل جم/م٣ **والجرعة القاتلة منه ٢جم.**
- **المواد الداخلة في تحضيرها**: حمض النيتريك المركز، وحمض الكبريتيك المركز، ومادة دي ميثيل انيلين، ويمكن تحضيرها بطرق اخرى.
- **خلطاتها**: - يمكن خلطه مع TNT ٣٠% وتيترايل ٧٠% ويسمى الخليط **تيتريتول**
  - ويمكن خلطه مع نترات الامونيوم ويسمى **FORTEX**
- **انحلالها او تخريبها**: إذا أردنا إفسادها فلا تصبح فعالة فيمكن أن نضيف إليها مادة كبريتات الصوديوم Na2SO4 بتركيز ١٣% .
- **تتحلل البلورات**: في درجة ١٣٨°م.

الهكسوجين RDX



- **الرمز الكيميائي**: C3H6N6O6.
- **الصيغة البنائية له**:
- **الوزن الجزيئي** ٢٢٢,١٢
- **تعريفه واسمائه ونبذة عنه:** تعتبر من اشهر المواد النصف حساسة وهي المادة الثانية الاكثر استخداما بعدTNT في معظم دول العالم وهي آمنة وغير مكلفة وتصنع منه امريكا كميات ضخمة كل سنة وصنع منه اول مادة متفجرة بلاستيكية ولها عدة اسماء بداية اسم RDX وهو اختصار لمتفجرات التدمير الضخمة والاسم العلمي له سيكلو تري ميثلين تري نيترامين ويسمى الهكسوجين(بألمانيا)، السيكلونيت (بامريكا)، التي فور (ايطاليا) ويسمى نترات الهكسامين.
- **تاريخها:** اكتشفت عام ١٨٩٨ على يد الالماني جورج فريدرش ولكن لم تستخدم الا في الحرب العالمية الثانية لكن كان على هيئة خلائط مع TNT مثل تروبكس ومركب B وسيكلوتول و CH-6 وسبب استخدامه بكميات كبيرة انه لا يحتاج الي المواد البترولية مثل البنزين في المواد الخام لتحضيره.
- **استخدامه:** ويستخدم في صناعة الصواعق والفتائل المتفجرة وبالامكان استخدامه كحشوة كاملة ويستخدم في رؤوس الصواريخ المضادة للدروع وكبوستر في معظم الذخائر والصواعق وفي حشوة RBG الصيني وفي الطوربيدات البحرية وسفن الفضاء ويستخدم ايضا بكميات صغيرة في الالعاب واستخدم كسم فئران.

- **لونها:** بلورات لونها بيضاء اللون.
- **كثافته**: حوالي ١,٨ غم/سم٣.
- **درجة انصهارها**: من ٢٠٥م.
- **درجة الغليان**: ٢٣٤ م
- **درجة حرارة بدء الانفجار**: ٢٩٩م
- **الطاقة الناتجة من الانفجار**: ١٥١٠ كالوري/كجم
- **الحرارة الناتجة من الانفجار**: ٣٣٨٠م.
- **الغاز الناتج من الانفجار**: ٩٠٣ لتر/كجم.
- **سرعته الانفجارية**: ٨٧٥٠م/ث.
- **قوة الانفجار**: السيكلونيت له قوة تفجير أعلى من (TNT) ومن حمض البكريك، و تساوي ١,٦٩ من (TNT) أي تقريبا ١,٧ وقد تصل لـ١,٨.
- **شراسة المادة**: ١,٢٥ بالمقارنة مع TNT.
- **الحساسية**: اقل حساسية من مادة PETN.

- **القطر الحرج**: ٣ملم.
- **الثبات الكيميائي**: له قوة ثبات عالية تجعله من أفضل المنشطات المستخدمة .
- **الذائبية**: عديم الذوبان في الماء، يذوب بسرعة في البنزين الساخن والأسيتون الساخن وحمض الكبريتيك المركز .
- **مقاومة الحرارة والبرودة**:مقاومته عالية ويعتبر من المواد المقاومة للحرارة ولذا يستخدم استخدامات خاصة.
- **تأثير الضوء واشعة الشمس**:لا يؤثر الضوء عليه لكن الأشعة فوق البنفسجية قد تغير من لونه فقط من اللون الأبيض إلى اللون الأصفر الباهت.
- **التفاعل مع المعادن**: لا يتفاعل معها.
- **التبخر**: قليل التبخر .
- **النقل والتخزين**: يخزن في حاويات بجميع انواعها لعدم تفاعله مع المعادن.
- **درجة السمية**: وجد أن سميته محدودة نظرا لصعوبة ذوبانه في الدم لكن استنشاق الغبار الناتج عنه ضار جدا وقد يسبب صدمة دموية تسبب توقف التنفس والدورة الدموية وقد ينتج عنها وباء درني والجرعة القاتلة منه ٢٠ملغم/ك غم.
- **ميزان الاكسجين**: يوجد نقص يقدر بـ ٢١,٦%.
- **المواد الداخلة في تحضيره**: حمض النيتريك ٩٩% وحمض الكبريتيك ٩٩% ومادة الهيكسامين ونترات الامونيوم وحمض الخليك الثلجي وحمض الخليك اللامائي.
- **خلطاتها كثيرة ومهمة جدا واكثرها استخداما ومنها**:

- **مركب A** ويتكون من RDX والشمع البلاستيكي ويتم خلطهم وهم في حالة انصهاره.
- **مركب A-5** يحتوي على RDXبنسبة ٩٨,٥% وحمض ستريك ١,٥%.
- **مركب B** يتكون من ٦٠% RDX و TNT بنسبة ٤٠% وقوته ١,٣ ويوجد الكثير من خلطاته حسب النسب فاذا كانت النسبة ٥٠:٥٠ يسمى B10 او هكسولايت.
- **هكسوليت :** يتكون من ٥٠% TNT + ٥٠% RDX .
- **المركب B4** متفجر مركب من: (RDX %60) + (TNT %39.5) + (Calcium Silicate %0.5). هو الحشوة الرئيسية في أنواع الطوربيدات الجديدة و القذائف.
- **مركب C** يتكون من RDX ولدائن مثل شمع البرافين ومواد زيتية اخرى.

ايضا من خلطاتها مركب C3

- **لونه:** أصفر .
- **الحالة الفيزيائية :** عجيني ، . يطلق عليها متفجرات بلاستيكية .
- **القدرة :** ١,٣٤ .
- **سرعة الانفجار :** ٧٨٠٠ متر / ثانية .
- **حالة الاحتراق :** مثل شعلة الغاز .
- **نوع القوالب :** ١,٤ باوند ، ٢,٥ باوند .(ألباوند =٤٥٤غم)
- **المقاومة ضد الماء :** عالية .
- يحافظ على قوته **لفترات طويلة** وياتي بعد TNT في المحافظة على قوته.
- اذا اخرجت زيت وييبست تكون قديمة ولكنها لا تفقد قوتها.
- تذوب في النيتوبنزين والكيروسين.
- المادة المتفجرة **C_3** تتكون من الخليط الآتي ٧٧% من **RDX** ٢٣% بيوتل فوسقيان + نتروسيليلوز .
- **ملاحظة :** من الممكن أن يكون ٣% نتروسليلوز + ٢٠%ثنائي نتروطولين + ٧٧%RDX.

وأيضا: مركب C4

- **لونه:** للون ابيض اشبه بالقطن.
- **الحالة الفيزيائية :** عجيني يطلق عليها متفجرات بلاستيكية .
- **القدرة:** ١,٤.
- **سرعة الانفجار :** ٧٨٠٠ متر / ثانية .
- **حالة الاحتراق :** مثل شعلة الغاز .

- **نوع القوالب :** ١,٤ باوند ، ٢,٥ باوند .(ألبا وند =٤٥٤غم)
- **الضغط:** على كل بوصة مربعة ٢٧٠ باوند.
- **المقاومة ضد الماء :** عالية ويستخدم تحت الماء.
- **مقاومته للحرارة:** يبقى على حالته في الحرارة العالية.
- **الرطوبة :** قليل التأثر بالرطوبة لكن مع الزمن تضعف قوته لكن بعد سنوات ويصبح مثل العلكة .
- **يعتبر ال** C3 أفضل منه على المدى البعيد لانه لا يفقد قوته بسهولة مع انه اقوى منه .
- تتكون من الخليط الآتي : ٩١% RDX ١,٦% زيت معدني [زيت سيارات] ٧,٤% نتروسيليلوز .

وعند جمع الخليطين السابقين يتكون عندنا: مادة الجلجنيت

- مادة عجينية مكونة من ال C4 وال C3.
- اللون برتقالي ، وهي غير متوفرة بأيدي المجاهدين.
- قوتها افضل من الC3 وتحافظ على قوتها أكثر من ال C4.

متفجر TROPEX

ويتكون من RDX41% و TNT41% و ١٨%بودرة المونيوم .

سرعة انفجاره ٧٦٠٠م/ث ويستخدم في القنابل النووية .

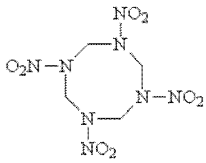
– متفجر CH-6 يحتوي على RDX%٩٧,٥ وستيرات الكالسيوم ١,٥% وبولي آيزو بيتيلين ٠,٥% وجرافيت ٠,٥% ولون هذه الخلطة رمادية وتتميز بانها اقل سمية واكثر استقرارية.

– الديناميت العسكري : يتكون من RDXبنسبة ٧٥% و ١٥TNT% ونشا ٥% وزيت ٤% وزيت جيل فيستانيكس ١%.

- **سيم تكس Semtex وسنتكلم عنه عند ذكر خلائط PETN**

- **ونعود لمادة RDX فالمواد المتفجرة البلاستيكية المعتمدة عليه تستخدم في صناعة القنابل النووية.**
- **ملاحظة** يمكننا الحصول على بلورات الـ (RDX) من المتفجرات العجينة C3 , C4 .
- **ملاحظة** RDX الصلب اقوى بكثير من البودرة (فلا بد من ضغط RDX البودرة قبل تفجيره).
- **انحلالها او تخريبها**: اذا تم التخلص منها في التربة بدون تفجير، يتم وصولها الي المياه الجوفية وخصوصا في التربة الرملية.

الأوكتوجين (H.M.X)



- **الرمز الكيميائي**: C2H8N8O8.
- **الصيغة البنائية له**:
- **الوزن الجزيئي**: ٢٩٦,١٥٥.
- **تعريفها والاسماء الاخرى**: هي مادة متفجرة نصف حساسة اقوى من RDX واختصار اسمها HMX الي متفجرات عالية الانصهار والاسم العلمي لها هو سيكلو تيترا ميثيلين–تيترا نيترامين، بسبب الوزن الجزيئي العالي تعتبر من اقوى المتفجرات المعروفة وتحضيرها معقد وهذا حد من تصنيعها.
- **تاريخها**: اول مرة تم تحضيرها كان عام ١٩٣٠ وفي عام ١٩٤٩ تم اكتشاف طريقة اخرى لتصنيعها من مادة RDX من خلال اذابته في حمض النيتريك ٥٥% ومن ثم وضعها في حمام بخار لمدة ٦ساعات.
- **استخدامها**: يستعمل في صنع الصواعق وحشو الذخائر وأعمال التفجير، وتستخدم في المتفجرات البلاستيكية وتستخدم كوقود دافع صلب للصواريخ وفي القنابل النووية على هيئة متفجرات بلاستيكية وفي رؤوس الصواريخ الموجهة الخارقة للدروع.
- **لونها**: بلوري الشكل لونه أبيض.
- **كثافتها**: ١,٩١ جم/سم٣.
- **درجة انصهارها**: ٢٧٥م.
- **درجة حرارة بدء الانفجار**: ٣٣٥م.
- **الطاقة الناتجة من الانفجار**: ١٤٨٠ كالوري/كجم
- **الحرارة الناتجة من الانفجار**: ٣٨٧٠ م.
- **الغاز الناتج من الانفجار**: ٩٠٢ لتر/كجم.
- **سرعة انفجارها**: 9100 م/ث.
- **قوة الانفجار**: ١,٦ مقارنة بقوةTNT.
- **شراسة المادة**: ١,٣٥ مقارنة بشراسة TNT.
- **القطر الحرج**: ٣ملم.
- **الثبات الكيميائي**: تعتبر مستقرة لعدم ذوبانها في الماء ولتحملها درجات حرارة عالية ولعدم تفاعلها مع المعادن.
- **الذائبية**: لا يذوب في الماء و الكحول والأثير والبنزول والتولوين، لكنه يذوب بشكل أفضل في الأسيتون وحامض النيتريك .

- **مقاومة الحرارة والبرودة**: مقاومته للحرارة عالية ولذا يستخدم استخدامات خاصة.
- **تأثير الضوء واشعة الشمس**: تكسر معظم جزيئاته خلال ايام واسابيع.
- **النقل والتخزين**: يمكن تخزينها في حاويات معدنية وغيرها لعدم تفاعلها مع المعادن.
- **السمية**: سامة يمكن ان يمتصها الجلد واذا اخذت عن طريق الفم تضر الجهاز العصبي المركزي والكبد ، اقل جرعة تؤثر على جسم الانسان ١٠٠ مل جرام عن طريق الفم، و١٦٥ مل جرام عن طريق الجلد ، والاعراض الظاهرة للتسمم منه هي احمرار الجلد والعين وخمول وكسل وتشوش.
- **ميزان الاكسجين**: نقص بمقدار ٢١,٦%.
- **المواد الداخلة في التحضير**: من حمض النيتريك٩٩% ومادة الهيكسامين والبافورمالدهيد وحمض الخليك اللامائي ونترات الامونيوم.
- **خلطاتها**: تخلط مع 30% TNT وتكون نسبة HMX70%ويسمى الخليط اوكتول وتخلط ايضا مع الألمنيوم.
- **انحلالها او تخريبها**: اذا تم التخلص منها في التربة بدون تفجير، يتم وصولها الي المياه الجوفية وخصوصا في التربة الرملية.

البنتريت PETN

- **اسمائه**: اسمه بيتان ويسمى بنثرويت وبنتريت وبيتن.
- **تاريخه**: تعتبر من اول المصنوعات عام ١٨٩٤ وقد اكتشفها الالمان بطريقة البحث العلمي ولم تستخدم عسكريا الا في الحرب العالمية الثانية واستخدمت فيها كقذائف وقنابل وقد كانت المانيا تنتج منها في الشهر الواحد ما يقارب من ١٤٤٠ طن.
- **لونه**: عبارة عن بلورات أبيض ناعمة جدا.
- **الذوبان**: غير قابلة للذوبان في الماء الا عند درجة ١٤٠ وتذوب بصعوبة في الكحول الإيتيلي والأثير و البنزول و التولوين، لكنها سهلة الذوبان في الأسيتون .
- **استخدامه**: تستعمل بشكل أساسي في صنع الفتيل الصاعق والصواعق المتوسطة وكمحسس للمواد المتفجرة المرتكزة على نترات الأمونيوم (الأمونيت) ويستعمل على شكل مزيج مع الـ ت.ن.ت. لحشو الذخائر (البنتوليت).

- **السرعة الانفجارية**: سرعة انفجارها 8400 م/ث.
- **قوة الانفجار**: قوته ١,٧ من قوة ال TNT وقد تصل لـ ١,٩.
- **درجة انصهاره**: ١٤١م.
- **الحساسية**: شبه حساس للطرق واللهب والشد.
- **درجة انفجارة**: ينفجر عند حرارة ٢٠٥-٢٢٥م.
- **<u>معلومات عن الفتيل المتكون منه (وسنتكلم عن الفتائل بالتفصيل لاحقا):</u>**

- المتر واحد حبال PETN كورتكس يفجر ٤٠-٥٠ كجم من مادة TNTويفجر اكثر بكثير من المتفجرات الاكثر حساسية مثل RDX.
- هناك طريقة لتفجير الكورتكس وهي ان المادة المتفجرة لا تبعد عن الكورتكس اكثر من ٥سم من جميع الاتجاهات مع مراعاة دك جميع الفراغات بين TNT والكورتكس.
- وهناك طريقة في حالة قلة توفر الكورتكس بان يتم عمل عقدة منه طولها متر ونضعها في كيلو RDX او C4 ونفجر به صندوق ١٠٠ كجم من TNT او كلورات البوتاسيوم مع مراعاة ان نفصل بين المنشط والمادة خشية التفاعل معها.
- في خراسان يضع المجاهدون متر كورتكس لكل ٥ كجم من المتفجرات لتوفره.
- مقاومة الماء: لا يتأثر الفتيل بالماء بشرط عدم وضع طرفيه وقد جرب لـ ٣٠٠ ساعة ولم يتأثر نهائيا.

- **خلائطه:**

- **البنتولايت:** PETN50%+TNT50% **يستخدم لحشو الذخائر.**

ومن خلائط البنتريت مادة سيم تكس Semtex

- **<u>نبذة عنه:</u>** مادة بلاستيكية عجينية تأتي على شكل وقائمة الدول التي اشترت أو تلقى دفعات من هذه النوعية من المتفجرات يشمل ايران والعراق واليمن وسوريا وكوريا الشمالية.

ولكن حتى الآن أكبر سوق لنوع سيمتكس هو ليبيا فبين عامي ١٩٧٥ و ١٩٨١ ، صدرت حكومة تشيكوسلوفاكيا ما يقرب من ٧٠٠ طن من نوع سيمتكس . وكان رئيسها الهالك معمر القذافي.

<u>تاريخه:</u> اخترع هذه المادة الكيميائي بارابيرا ستانيسلاف عام ١٩٦٦ وتصنعه دولة عديدة اشهرها تشيكيا.

• **لونه:** لونه قوالب حمراء او برتقالي او بني فاتح اللون او رمادي وهناك نوعيات بيضاء اللون.

- **مكوناتها:**

هي خليط من مادة بنتريت PETN

والمادة الاخرى هي RDX

• **استخدامه :**

- هو المادة الرئيسية المستخدمة عند يهود في الاغتيالات وغيره،

- استخدمه اليهود في اغتيال القائد يحيى عياش رحمه الله وضعوا له كمية صغيرة جدا في الجوال بضعة جرامات .

- استخدم في تفجير الطائرة لوكربي التي قتل فيها حوالي ٢٧٠ شخص كانت وزن المادة المتفجرة في الطائرة تقريبا ٣٠٠ جم وفتت تقريبا ما يقرب من متر ونصف في جانب الطائرة ووضعت المادة داخل مسجل او كاسيت.

• **الثبات:** تحافظ على القوة التدميرية أكثر من غيره من المواد.

• **الذائبية:** لا يتأثر بالماء كثيرا ولا يؤثر عليه الزمن يبقى على فعاليته اكثر من عشرين سنة اذا لم يخزن بشكل جيد.

• **الحساسية:** حساسيته ضعيفة حيث أنه لا يتأثر الا بصعقة انفجارية ولا يتأثر بالطلقات النارية.

• قوته موجة الصعق للمادة قوية جدا لذا يستخدم في قطع المعادن الصلبة.

• **القوة:** قدرته ١,٧٥ من قوة TNT.

• **الضغط:** على كل بوصة مربعة ٣٢٤ باوند .

النسب في التركيب

هناك أكثر من صناعة والنسب مختلفة

Semtex a والنسب هي ٩٤,٣ rdx و ٥,٧ مادة البنتريت petn

Semtex n والنسب هي petn 50.2 : rdx 49.38

وهناك صناعات اخرى ونسب اخرى و بعض الانواع يضاف اليه بوتدين وبارفين

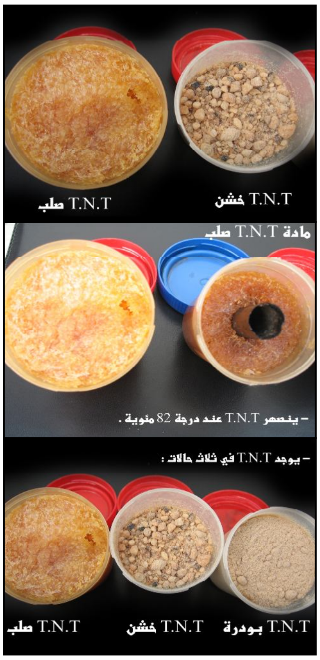
وقد فصلنا عنها كثيرا حتى يعرف الذي يجاهد في ليبيا قيمتها

أسماء و خصائص المتفجرات ضعيفة الحساسية

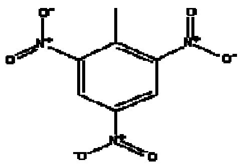
هي مواد ضعيفة الحساسية لأنها لا تتأثر بالعوامل الخارجية و لا تنفجر إلا بالصعق (الصاعق) و يطلق عليها عادة اسم المواد البليدة أو الخاملة. و كأمثلة علي هذه المواد:

- ت ن ت Tri Nitro Toluene (TNT)
- نيترو يوريا Nitro Urea
- نترات الأمونيوم Ammonium nitrate
- نترات النشا Nitro Starch

ثلاثي نيتروتولوين TNT



- **الرمز الكيميائي:** $C_6\,H_2\,CH_3\,(NO_2)_3$
- **الوزن الجزيئي**: ٢٢٧,١٣
- **الصيغة البنائية له**:



- **تعريفها والأسماء الأخرى:** مادة متفجرة كيميائية تقاس على قوتها كل الانفجارات سواء كانت كيميائية أو نووية وهي أكثر مادة تنتج في العالم وتباع في الأسواق على هيئة بلوكات بعدة أحجام ٢٥٠جم، ٥٠٠جم، ١٠٠٠جم، وهناك قوالب أخرى وصناعات زنة ٤٠٠,٢٠٠,٧٥ جم ولها عدة أسماء TRITON, TROTYL, TRINOL, TOLITE, TRIOTOLO, TRITONE, TRILITE, TRINITROTOLOUL .
- **تاريخها:** في عام ١٨٦٣ تم تصنيعه والمعروف باختصار ت.ن.ت على يد الألماني جوزف ويلبراند ولكن كان يستخدم كصبغة فقط وفي عام ١٨٩١ اقترح العالم هوسرمان تفجيره، لكن لم تستخدم كمادة متفجرة الا عام ١٩٠٢ وكانت روسيا وألمانيا أول من استخدمه.
- **استخدامها:** يستعمل في حشو الذخائر، كما تستعمل منفردة، أو على شكل مزائج مع مواد متفجرة أخرى ، ويمكن استخدامها في البيئة الرطبة لأنها لا تذوب في الماء ويمكن صهره وقولبته ويستخدم في السيارات المفخخة واغلب عمليات التفجير العسكري.

- **لونها:** عبارة عن بلورات بيضاء أو صفراء عند **احتراقه** يكون كالشمع و يعطي دخان أسود سام .
- **كثافته**: ١,٦٥٤غم/سم٣.
- **درجة انصهارها:** ٨٠,٣٥م.
- **درجة غليانها:** ٢٩٥م وعندها يتكسر.
- **درجة بدء الانفجار:** ٣٠٠- ٣١٠م.
- **الطاقة الناتجة من الانفجار**: ١٠٩٠ كالوري/كجم.

بلوك TNT إسرائيلي الصنع وزنه نصف كيلو جرام

- **الحرارة الناتجة من الانفجار**: ٢٩٥٠م.
- **الغاز الناتج من الانفجار**: ٨٢٥ لتر/كجم.
- **سرعة انفجاره** 6900م/ث.
- **قوة الانفجار**: ١ وتقاس عليه المواد الأخرى.
- **شراسة المادة** : ١ وتقاس عليه المواد الأخرى.
- **الحساسية**: غير حساس للصدم أو الاحتكاك وأقل خطورة في الاستعمال من سائر المواد المتفجرة الثانوية.
- **القطر الحرج** : ٢٨ ملم.
- **الثبات الكيميائي**: مادة مستقرة لأنها خاملة ولا تذوب في الماء ولا تتفاعل مع المعادن.
- **الذائبية**: صعبة الذوبان في الماء، لكنها تذوب بشكل أفضل في الكحول وتذوب بسهولة في البنزول والتولوين والأسيتون و الكلوروفورم و حامض النيتريك وعند إضافة الماء على TNT الذائب في أي منهم تعود بلورات TNT للظهور من جديد.

- **التفاعل مع المعادن**: لا يتفاعل معها لذا هو المتفجر المثالي للشحنة الأساسية في الذخائر وما زال.
- **التبخر**: قليل التبخر لكن غبارها سام.
- **النقل والتخزين**: من عيوبه انه عند تخزينه في أماكن حارة يبدأ في رشح مادة زيتية قد تولد انفجارا بالاحتكاك أو الارتجاج وعند تعرضه للضوء وأشعة الشمس فترة طويلة تتكون على سطحه طبقة سوداء أو بنية اللون تكون سببا في ضعف قوته الانفجارية. كما أنه عند حرقه بكميات كبيرة يمكن أن يتحول هذا الاحتراق الى انفجار.
- **سمية مادة** (TNT) : مادة سامة ويجب تجنب استنشاق غبارها أو ملامستها وهو عادة ما يصيب العاملين في إنتاجه بصفة مستمرة وبكميات كبيرة بالإسهال وضيق النفس وتضخم الطحال وعندما تمتص سميته عن طريق الجلد يصيبه بالاصفرار وربما تسبب في مرض الأنيميا واضطراب المعدة وعسر الهضم وفقد الخصوبة عند الرجال ويمكن ان تسبب السرطان وعند بداية العلاج يمنع المريض من ملامسة مادة (TNT) والراحة التامة لمدة يومين وإعطائه وجبات خاصة مثل الفواكه والحليب واللحوم وغيرها. فيالحرب العالمية الثانية اصيب ٣٧٩ عامل في احد المصانع التي تصنعه وقتل منهم ٢٢ عامل حيث يكفي جم واحد منها مع الاكل لقتل انسان خلال ١٢ ساعة.
- **ميزان الاكسجين**: نقص بمقدار ٧٣,٩%.
- **المواد الداخلة في تحضيرها**: حمض النيتريك، حمض الكبريتيك، والتولوين.

• يمكن خلطه بالكثير من المواد المتفجرة وغيرها بدون أي مشاكل جانبية ، والخلائط التي تتكون من مادتين متفجرات يطلق عليها Binary Explosive وهاك أمثلة عليها:

ثلاث أحجام من بلوكات الـ TNT وهي باوند ونصف باوند وربع باوند

بلوك TNT وزنه 400 جرام مصنع في الشرق الأوسط

- **أوكتول:** تتكون من HMX70% +TNT30% .
- **سيكلوتول:** RDX70%+TNT30% .
- **بنتولايت:** PETN50%+TNT50% .
- **تيتريتول:** TETRYL70%+TNT30% .
- **أماتول:** نترات امونيوم ٥٠% + ٥٠ TNT وفعاليته في الحفر ١,٣بالنسبة لـ TNT .
- **بيكراتول:** Ammonium Picrate 52%++TNT48% .
- **L-SPLAV:** (خلطة روسية) Trinitroxylene 5%++TNT95% .

انفجار هاليفاكس

هو انفجار سفينة مونت بلانك الفرنسية التي كانت تحمل شحنة من TNT تقدر ب ٣ كيلو طن في هاليفاكس بكندا عام ١٩١٧ التي اصطدمت بطريق الخطأ بالميناء، قتل فيها حوالي ٢٠٠٠ شخص وأصيب أكثر من ٩٠٠٠ ولا يزال هذه هو الانفجار التقليدي الاكبر في العالم من صنع الانسان .

تذويب المادة المتفجرة (TNT) .

تعريف :

وهي عبارة عن تذويب أو تحويل المواد المتفجرة (TNT) من حالتها الجامدة إلى حالة سائلة تحت تأثير الحرارة الغير مباشرة وعلى درجة حرارية معينة والهدف من ذلك هو تغير شكلها أو صبها ووضعها في الأماكن التي هي مورد استفادة مثل :

. صب عبوات موجهة أي وضع (TNT) الذائب خلف القمع .

. صنع عبوات ذات أشكال هندسية مختلفة .

. وضع (TNT) داخل أشكال مختلفة والهدف من ذلك إما لنقل المواد من مكان إلى آخر وإما لتفخيخ هذه الأشياء .

اللوازم المطلوبة للعمل :

١ . وعاءين من معدن أحدهما اصغر من الآخر من حيث الحجم ويفضل أن تكون سماكة ٢ ملم أو أكثر .

٢ . رأس غاز مع قارورة عدد ٢ .

٣ – عصا خفيفة صلبة (خشب) .

٤ – كمية وفيرة من المياه .

٥– برميل مملوء من الرمل الناعم .

٦– العبوة التي سيتم صب المواد بداخلها .

٧– مكيال و قمع و كفوف سميكة + قناع للفم والأنف .

كيفية التذويب :

يتم تثبيت الوعاء المعدني الكبير على رأس الغاز ثم يوضع الوعاء المعدني الصغير داخل الوعاء الأول بعد أن يتم تثبيته من الأعلى ، ثم يتم ملئ الوعاء الأول بالماء و يسخن حتى الغليان).وبعدها توضع المواد داخل الوعاء الصغير بكميات قليلة جداً ، وتحرك بواسطة العصا وبشكل مستمر . وكلما ذابت كمية المواد داخل الوعاء نضع كمية أخرى بداخله وهكذا حتى يتم تذويب الكمية المطلوبة ، ويجب الانتباه دائما إلى كمية الماء وزيادتها كلما نقصت .

ملاحظة: يجب أن تكون المواد المتفجرة مطحونة أي بحالة (البرش). وقبل البدء بعملية التذويب يجب تسخين الرمل داخل البرميل ويوضع بداخلة العبوة المراد صبها بحيث أن يبقى مكان صب المواد داخل العبوة إلى الأعلى .وهذه العملية أي عملية تسخين العبوة داخل الرمل تقلل من بقاء فقاقيع الهواء داخل المواد عند انجمادها.

وفور تذويب الكمية المطلوبة من المواد يتم سكبها داخل العبوة الموضوعة في الرمل الساخن و تترك حتى تبرد وتتجمد.وأيضا يجب الانتباه إلى ترك مكان للصاعق داخل العبوة .

ملاحظة: تبدأ مادة (TNT) بالتجمد من الجهة الاكثر برودة و التركيبة الكيميائية لهذه المواد بلورية الشكل

ملاحظات عملية :

١– يجب عدم وضع مواد جامدة داخل المواد الذائبة في العبوة .

٢– يمنع وضع صواعق داخل المواد الذائبة لأن ذلك يؤدي إلى انفجارها.

٣– يمنع تحريك العبوة أثناء صب المواد بداخلها وخلال تجمدها .

٤– عدم تذويب أكثر من نوع مادة متفجرة مع بعضها البعض ، إلا المستعملة في الخلائط الانفجارية كمركب ب مثلا، لأنها قد تسبب فساد الخليط أو حتى انفجاره .

الردة R-salt

- **الرمز الكيميائي**: $C3H6N6O3$
- **الوزن الجزيئي**: ١٧٤,١
- **تعريفها والاسماء الاخرى**: مادة متفجرة تقع بين المتفجرات الخاملة والنصف حساسة يطلق عليها اسماء منها TRDX, TMTN, hexamine Dinitrate وهي عبارة عن RDX لكن بمجموعة N-NO بدلا من N-NO2 ويمكن تحويلها الي RDX بتفاعلها مع حمض الكبريتيك ونترات الامونيوم.
- **تاريخها**: اكتشفها الالماني جريس سنة ١٩٣٤ واستخدمت في الحرب العالمية الثانية
- **استخدامها**: تستخدم حشوة لعبوات الخرق وتستعمل R-salt الردة البودرة كمنشط (بوستر) للعبوات التي تعبئ R-salt الردة صب وتستخدم في انشاء الدروع الردية التفاعلية المخيطة بالدبابات لكن بكمية قليلة والاهم ان المعظم تخلى عن انتاجها لانها مادة مسرطنة.
- **لونها**: مادة متفجرة لونها صفراء.
- **كثافتها**: ١,٥٠٨ جم/سم٣.
- **درجة انصهارها**: ١٠٢م.
- **الطاقة الناتجة من الانفجار**: ١٠٨١ كالوري/كجم.
- **الغاز الناتج من الانفجار**: ٩٩٦ لتر/كجم.
- **سرعتها**: سرعتها و هي عالية الكثافة (صب) ٧٨٠٠م/ث و سرعتها و هي قليلة الكثافة (بودرة مضغوطة) ٧٣٠٠م/ث.

وهي عند كثافة ٠,٨٥ تكون حساسة لـ ٠,٣ جم فلمنات زئبق وعند ١,٥٧ تحتاج لـ٢,٥جم لتنفجر.

- **قوة الانفجار**: قوتها ١,٢٥ بالنسبة لقوة TNT.
- **شراسة المادة**: الشراسة ١,١ بالنسبة لشراسة TNT.
- **الحساسية**: نصف حساسة الي خاملة فهي اكثر حساسية من TNT.
- **القطر الحرج**: ١٣ ملم.
- **الثبات الكيميائي**: تتفاعل مع الاحماض مسببة اشتعالها ومن ثم انفجارها اذا كانت بكميات كبيرة لذلك يمنع عمل أي خلائط معها من المواد الداخل في تركيبها احماض خوفا من عدم نقاوة المادة المخلوطة من بقايا الاحماض.
- **الذائبية**: لا تذوب في الماء و تذوب في المذيبات العضوية مثل الأسيتون والبنزين والكحول.
- **مقاومة الحرارة والبرودة**: ضعيفة لانخفاض درجة انصهارها.

- **التفاعل مع المعادن**: لا تتفاعل.
- **التبخر**: قليلة التبخر.
- **النقل والتخزين**: يمنع تخزينها في أي مكان يخزن به أحماض ويمنع تخزينها مع مواد متفجرة أخرى لكي لا يحدث تفاعلات جانبيةو يتم تخزين الأسلحة المحشوة بمادة **R-salt** معزولة عن الأسلحة المحشوة بمواد أخرى.
- **السمية**: سامة جدا وابخرتها اثناء التحضير سامة وتسبب المادة الفعالة Nitrosamine فيه السرطان لذا يجب الحذر الشديد اثناء التحضير.
- **ميزان الاكسجين**: نقص ٥٥,١%.
- **المواد الداخلة في تحضيرها**: الهكسامين، نترايت الصوديوم او أي ملح به مجموعة نيترايت ، و حمض الكبريتيك المخفف ٣٠% او حمض الهيدروكلوريك.
- **خلطاتها**: يجب عدم خلطها مع أي مادة اخرى خوفا من تفاعلها معها مع العلم انه لا يوجد مرجع علمي يذكر خلطاتها.

نترات اليوريا

- **لونها**: مادة متفجرة بيضاء اللون تستخدم في تسميد الاراضي.
- **الذوبان**: سريعة الذوبان في الماء.
- **مقاومة الرطوبة**: لديها قدرة عالية لامتصاص الرطوبة من الهواء.
  - فلذلك يجب ان تجفف قبل وضعها مع الخلائط.
- تتفاعل ببطئ مع الغاز النقي ويزداد تفاعلها بوجود الكتيريا فينطلق غاز النشار وغاز ثاني اكسيد الكربون.

- **التفاعل مع المعادن**: تتفاعل بسبب الأحماض التي لا يتم التخلص منها.
- **درجة انصهاره**: ١٣٢,٧ م.
- **الذائبية**: تذوب في الماء.
- الموجودة بالاسواق غنية بالنيتروجين اذ تحتوي على ٤٦% منه.
- **يمكن تحويلها بطريقتين** :
  - **الاولى**: نستعمل الماء كوسط للتفاعل فتكون ١٥٠مل ماء+١٠٠غم يوريا+١٣٥مل حامض نيتريك، وتتلخص هذه الطريقة باذابة اليوريا بالماء ثم وضع حمض النيتريك على محلول اليوريا فتتكون بلورات نترات اليوريا مباشرة ، فتترك حتى تبرد وترشح وتجفف.
  - **الثانية**: وهي الافضل من ناحية قوة الناتج وكونها اقتصادية فتتلخص في تفاعل اليوريا مع حمض النيتريك وتكون قوة النترات تبعا لتركيز الحامض والنسبة ٦٠غم يوريا+١٢٦مل حامض نيتريك، تترك حتى تجف داخل حمام مائي يغلي وبعدها تترك لتجف في الشمس.

أشهر خلائط اليوريا

- ٤نترات يوريا + ٢ نترات امونيوم + ١ بودرة المنيوم
- ٤ نترات يوريا + ١ بودرة المونيوم + ١ قهوة
- ٦ نترات يوريا + ٢ كبريت اصفر + ٢ بودرة المونيوم
- ١٢ نترات يوريا + ١ بودرة المونيوم
- ٤ نترات يوريا + ١ سكر + ١ قاز

ملاحظة: تستخدم نترات اليوريا كحشوة أساسية لاثارة وتفجير الرأس النووي

نترات الأمونيوم

- **الرمز الكيميائي**: NH_4NO_3
- **لونه**: بلورات بيضاء اللون عندما تكون نقية ،مصفرة في الناتج التجاري و يستخدم في الزراعة كسماد كيميائي و حساسيته ضعيفة جداً .
- **الحالة الفيزيائية** : جامد على شكل حبيبات سريعة الذوبان في الماء .
- **مقاومة الرطوبة**: شرهة الذوبان في الماء و لديها القدرة العالية على امتصاص الرطوبة من الهواء
- **درجة انصهاره**: ١٦٩ درجة مئوية.
- **السرعة الانفجارية**: ٤٠٠٠ – ٦٠٠٠ متر/ث
- **الحرارة الناتجة عن الانفجار**: ١٠٠٠م
- **القدرة**: ٠,٤٠ تقريبا .
- **درجة الانصهار** : تنصهر عند درجة ١٧٠ درجة مئوية ،
- **السمية**: **وتتحلل عند التسخين مخرجة غاز N2O أكسيد النيترس وهو غاز سام مميت عند التعرض له بكميات كبيرة وفي مكان مغلق ، وإذا تم تسخينها على النار بشدة يمكن أن تنفجر .**
- **النوع التجاري الغير نقي** : أكياس ٥٠ كيلو .
- **ملاحظة مهمة جدا: ونترات الأمونيوم المطلوب للتفجير يجب ان تحوي على حد أعلى ٣٣,٣ % من النتروجين أو خلطها بمواد ترفع من حساسيتها .**
- **المقاومة ضد الماء** : سريعة الذوبان غير مقاوم ويبطل مفعوله في الماء .وتجذب الرطوبة بشدة .

- **أشهر خلائطها**:

خلائطها كثيرة ومتنوعة اهم شئ نسبة النيتروجين في النيتروجين ان تزيد على ٣٣,٣%

- **خليط الامونيت :** ٦٥% نترات امونيوم + ١٥ %TNT + ٢٠ % بودرة المونيوم وتستخدم في القنابل والحشوات الجوفاء الخارقة للدروع.
- **أماتول:** نترات امونيوم ٥٠% + ٥٠% TNT وفعاليته في الحفر ١,٣بالنسبة لـ TNT وهناك نسب ٤٠ : ٦٠ على الترتيب.
- **خليط الامونال:** ١٢ نترات امونيوم : ١ بودرة المونيوم ويمكن انفجاره بدون منشط.
- **خليط التريتونال :** ٨٠ نترات امونيوم + ٢٠ بودرة المونيوم.
- **خليط الميثول :** ٤٠ TNT+ ٤٠نترات امونيوم + ٢٠ بودرة المونيوم.
- **خليط الانفو ANFO :** ٩ نترات امونيوم + ١ زيت معدني.
- **خليط آخر :** ٨٥ نترات امونيوم + ١٠ بودرة المونيوم + ٥ كبريت اصفر.

عند اضافة الكبريت الاصفر فان قوة الخليط وحساسيته ترتفع.

ولم نصنف المواد المتفجرة السائلة المشهورة ضمن التقسيمات السابقة وان كانت تشملها وارتأينا أن نعمل لها قسم خاص يتحدث عنها ويفصل فيها ويتحدث عن خلطاتها.

المتفجرات السائلة:

استخدمت المواد المتفجرة السائلة في الحرب العالمية الثانية وخصوصا مادة النيترو ميثان في تنظيف حقول الالغام امام الجنود في المعارك، السرعة الانفجارية لاغلبها تقريبا ٨٠٠٠م/ث وتعتبر من افضل المواد المتفجرة استخداما في البيئات المتجمدة، ويوجد مئات من المتفجرات الصلبة لكن هناك ١٨ نوعا من المتفجرات السائلة المعروفة لحتى الان وهي كالاتي:

ميثيل نتريت، تيترا ازيدو ميثان، زيليتول بينتا نيتريت، نيتروجين تري كلورايد، اريثريتول تيترا نيتريت، تري ميثلول إيثان تري نيتريت، مانيتول هيكسا نيتريت، بيتانيتريتول تري نيتريت، دي ايثيلين جليكول دي نيتريت، نيترو ايثان، ميثيل ايثيل كيتون بيروكسيد، بروبيلين جليكول دي نيتريت، تري ايثيلين جليكول دي نيتريت، نيتروميثان، نيتروجلسرين، نيتروجليكول، نيتروبنزين، الاسترولايت.

النيتروجلسرين NG

- **الرمز الكيميائي**: 20C3 H 5(N) .
- **الوزن الجزيئي**: ٢٢٧,٠٩ .
- **تعريفها والاسماء الاخرى**: تعتبر من الزيوت المتفجرة الخطيرة لحساسيته العالية للاهتزاز وله قدرة تدميرية عالية وسرعته عالية وعادة تخفف حساسيته بخلطه مع مواد اخرى لتكشيل الديناميت، وهو لا يشتعل بسهولة واذا اشتعل يعطي لهب اخضر اللون له اسماء اخرى مثل جليسرول تري نيتريت، وجليسرل نيتريت، وجليسريل تري نيتريت، والاسم العلمي تري نيتروكسي بروبان.
- **تاريخها**: اكتشفها الايطالي اسكانيو سوبريرو عام ١٨٤٦ واطلق عليه بداية بيروجلسرين وحدثت فيها عدة انفجارات وعام ١٨٦٧ قالم الفرد نوبل بخلطها بالنيتروسليلوز وسمي بالديناميت المتفجر .
- **استخدامها**: في خليط الكوراديت الدافع مع النيتروسليلوز وكانت بريطانيا تصنع منه ٣٣٦طن كل اسبوع في الحرب العالمية الاولى حتى تستخدمها في دافع الكروديت و في الحشوة الدافعة لقذيفة RBG7 أو على شكل قضبان كما في الحشوة الدافعة الثانية في نفس القذيفة وفي الديناميت ويستخدم كعلاج لمرضى الذبحة الصدرية على هيئة حبوب او بخاخة.
- **لونها**: سائل زيتي ذو لون أبيض فاتح أو أصفر بني فاتح أو بني قاتم أو أخضر مائل للسواد وذلك على حسب طريقة تصنيعه والمواد الداخلة فيه ويكون عديم اللون اذا كان نقيا وله رائحة مميزة .
- **كثافته**: ١,٣٦ جم/سم٣.
- **درجة انصهاره**: ١٣,٢م.
- **درجة غليانه**: ٦٠م.
- **درجة بدء انفجاره**: ٢٠٠م.
- **الطاقة الناتجة من انفجاره**: ١٥٨٠ كالوري/كجم.
- **الحرارة الناتجة من الانفجار**: ٣٤٧٠م.
- **الغاز الناتج من الانفجار**: ٧١٦ لتر/كجم.
- **سرعتها الانفجارية**: ٧٧٠٠-٨٠٠٠م/ث وقد تصل لـ٩٢٩٢م/ث.
- **قوتها**: ١,٧ بالنسبة لقوة TNT.
- **شراستها**: ١,١ بالنسبة لشراسةTNT.

- **الحساسية**: حساس جدا للصدم والحرارة والطرق ويمكن تفجيره بطلقة كلاشنكوف وعند وضع نقطة منه على ورقة ترشيح ووضعت على حديدة مناسبة وطرق عليها بمطرقة حديدية فانها تنفجر، ووجد ان النيتروجلسرين المتجمد اقل خطرا وحساسية للانفجار بالصدم من السائل، واذا سقطت منه وزن ٢كجم من ارتفاع ٣٥ سم فانها تنفجر ويمكن ان ينفجر اذا سقط عليه وزن كبير وعند احتكاكه على قطعة خزف خشن يحدث انفجار، ومن الصعوبة حرقه وعند احتراقه يحترق بلهب أخضر باهت.

- **القطر الحرج**: ١ملم.
- **الثبات الكيميائي**: ثابت لكنه غير مستقر لحساسيته.
- **الذائبية**: غير قابل للذوبان في الماء ويذوب قليلا عند زيادة درجة الحرارة وهو قابل للذوبان في معظم المذيبات العضوية مثل الكحول والبنزين والكلوروفورم ، ويترسب ايضا باضافة الماء ويذوب ايضا في زيت الزيتون وزيت بذرة الخروع وهو نفسه مذيب قوى اذ تتم فيه اذابة النيتروسليلوز من اجل صناعة الكوردايت.
- **مقاومة الحرارة والبرودة**: لا يعتبر مادة مقاومة لكنها مضادة للتجمد.
- **تأثير الضوء وأشعة الشمس**: وجد ان تعرضه لها يسرع من عملية تحلله.
- **التفاعل مع المعادن**: لا يتفاعل معها لكن يفضل تخزينها على هيئة مستحلب في البلاستيك لانها حساسة.
- **التبخر**: مادة متبخرة كما معظم المواد السائلة فانها تعتبر متطايرة.
- **النقل والتخزين**: يحفظ على هيئة مستحلب بنسبة ٣ ماء الى ١١ نيتروجلسرين حتى يكون آمن في نقله وتخزينه ويمنع استخدام الخشب في النقل او الحفظ لانه الخشب يمتصه ويكون الديناميت المتفجر، لذلك يفضل استخدام الالمنيوم او البلاستيك، وقانونيا يجب استهلاك النيتروجلسرين في نفس اليوم اما في الدوافع او في الخلطات المتفجرة مثل الديناميت.
- **السمية**: يعتبر من السموم العالية الكثافة فهو يعمل على انبساط الاوعية الدموية ويخفض الدم ويحدث التسمم ايضا عن طريق استنشاق بخاره وقد يصاب العاملين في تحضيره بالادمان عليه ومن اهم اعراض التسمم صداع شديد في الرأس يعتصرها اعتصارا، والعلاج يكون بتعريض المصاب للهواء النقي المتجدد ثم يعطى حقنة مهدئة، وعلى العاملين في انتاجه الاغتسال يوميا وتغيير ملابسهم، كما ان نسبة ١مل جم منه في الهواء تعمل صداع شديد، وامتصاص هذه المادة عن طريق الجلد أو الاستنشاق يؤدي إلى ألم في الرأس (الصداع) ويتم علاجه عن طريق شرب القهوة أو الشاي ، والعمل بهذه المادة لمدد طويلة يؤدي إلى العقم عند الرجال .
- **ميزان الاكسجين**: يوجد وفرة +٣,٥% .
- **المواد الداخلة في تحضيره**: حمض النيتريك والكبريتيك المركزين وكحول الجليسرول.
- **انحلالها او تخريبها**: يغطس بمحلول مركز من الصودا الكاوية فتتصبن او يضاف له حمض الكبريتك.

- **خلطاتها**: عند صنع خلائط فالنسبة تكون بالـ جم وليس بالمل لتر واهم خلائطه الديناميت بانواعه لتميزه بعامل امان في التعامل.

- **الديناميت** :-

- يعتبر الفرد نوبل العالم السويدي اول المكتشفين له ولان متفجر النيتروجلسرين قوي لا يمكن الاستغناء عنه وفي نفس الوقت حساس لا يمكن تخزينه فاكتشف الديناميت الذي هو عبارة عن نيتروجلسرين مخلوط مع مواد خاملة.
- المادة الرئيسية التي تستخدم في صناعة الديناميت التجاري هي مادة النيتروجلسرين .
- **اللون** : أبيض حمصي ، بني ، أحمر محروق ، أسود .
- **الحالة الفيزيائية** : عجيني او مادة ناعمة بالوان مختلفة.
- **القدرة** : ٠,٤٠ _ ١,٣ من TNT .حسب المواد المضافة اليه كما ونوعا..
- **سرعة الانفجار** : ٢٠٠٠ _ ٧٠٠٠ متر / ثانية . حسب نوع الخلطة
- **حالة الاحتراق** : مثل زيت السيارات ، الدخان المتصاعد من هذه المادة بلون أسود غامق وسام .
- **نوع القوالب** : ٥٠ ، ١٢٥ غرام على شكل عبوات اسطوانية –إصبع– .
- **المقاومة ضد الماء** : غير مقاوم (أطول مدة زمنية ٢٤ ساعة) .
- **الكثافة النوعية:** ١,٢–١,٦ جم/سم٣
- **فعاليتها اقل من النيتروجلسرين لكنها اكثر تحملا للتخزين لفترة طويلة.**
- من أجل منع الرطوبة عنه غمست الأوراق الملفوف بها بمادة البرافين وكذلك حتى لا تترسب مادة النيتروجلسرين ويستعمل مع الورق الملفوف فيه لانه تشرب المادة فيكون اقوى شئ في القالب ويعتبر من اضعف المواد العجينية لذا هو من ارخص المتفجرات.
- يتالف عادة من المكونات الاتية: نيتروجلسرين، مؤكسد(نترات الصوديوم او الامونيوم او البوتاسيوم) ، مانع حموضة مثل(كربونات الصوديوم) ونشارة خشب ناعمة.
- هذا وتضاف في بعض الخلائط للديناميت النيتروجليكول لمنع تجمد النيتروجلسرين كذلك ويضاف له ثنائي نترو التولوين لمنع ارتشاح النيتروجلسرين.

الأمور العامة التي من الممكن أن تطرأ على الديناميت :

١. الفساد .
٢. التسرب (النيتروجلسرين)
٣. التجمد .

– آثار فساد الديناميت :–

١. تغير لونه إلى أزرق قاتم .
٢. ظهور حبيبات عديمة اللون مثل حب الملح على أصابع الديناميت .
٣. ترسب مادة النيتروجلسرين .
٤. ظهور بقع زيتية على ورق الديناميت .

ملاحظات :

- الديناميت الفاسد أو المتسرب منه مادة النيتروجلسرين او اصبح له رائحة نفاذة او تجمد فانه يجب أن يتم إعدامه عن طرق دفنه أو الحرق عن بعد في المناطق الغير سكنية .
- يتجمد الديناميت في درجة حرارة ٧ _ ١٣ درجة مئوية تحت الصفر ، ومن الممكن أن يؤدي كسرة إلى انفجاره أو قد يؤدي تجمد بلورات النيتروجلسرين عند كسرها إلى تفجر المادة لذا يجب حفظة في حرارة اقل من ١٥ درجة وتقليبه بين الفترة والأخرى تقريبا كل شهر في المتوسط العام ويعتمد ذلك على درجة الحرارة .

افضل طريقة لتخزين الديناميت في اكياس بلاستيك محكمة الغلق ويقلب كل فترة اسبوعين او شهر نجعل اعلاه حتى لا تخرج منه مادة النيتروجلسرين مع مراعاة شروط التخزين الأخرى.

ملاحظة هامة : الديناميت يفقد كثير من قوته بعد مرور ٦ اشهر على صنعه او عند تجمده.

يستخدم الديناميت لاغراض النسف والتدمير العامة مثل تمهيد الشوارع وحفر الخنادق وفي اعمال المحاجر.

وهو انواع كثيرة تختلف قوتها

- **ديناميت عادي:** خليط عجيني لدن مائل الي الاحمرار ومدى الاحمرار يعتمد على كمية الحديد فيه والذي يضاف اليه لوقف ارتشاح النيتروجلسرين وهذا النوع يصبح عديم الفائدة بعد ٦اشهر .
- **ديناميت حفار:** ويتكون من نيتروجلسرين و نشارة الخشب وكربونات الكالسيوم ونترات الصوديوم وهو ذو لون بني فاتح.
- **ديناميت عسكري:** أصفر أو بني اللون ويوجد على شكل قوالب اسطوانية بوزن ١٣٠جم وقوته ٠,٩٢ من قوة TNT.
- **ديناميت الامان:** ويتكون من ٢٩ نيتروجلسرين، ١ نيتروسلولوز ، ٧٠نترات امونيوم.

- **ديناميت هلامي او جلاتيني:** ويسمى صمغ الديناميت وهو عجيني لدن مصفر وهو اول المتفجرات العجينية وسبب اللدونة هو وجود مادة النيتروسليلوز وكثافته **ويمكن تحضيره كالاتي** :
  - ٩٣ نيتروجلسرين، ٧ نيتروسليلوز وقوته ١,٣ من TNT وسرعته ٧٨٠٠م/ث
  - ٩١,٦ نيتروجلسرين، ٨,٤ نيتروسليلوز وسرعته ٧٦٠٠ م/ث
  - ٩٠ نيتروجلسرين، ١٠ نيتروسليلوز وسرعته ٧٥٠٠م/ث
  - ٦٢نيتروجلسرين، ٢,٥ نيتروسليلوز، ٢٧كلورات البوتاسيوم ، ٧,٥ نشارة الخشب ، ٠,٥كاربونات الكالسيوم

ملاحظة: يعد الديناميت الهلامي الاكثر قوة في انواع الديناميت لكن سرعته ليست ثابتة مع الزمن فبعد ثلاثة ايام تنقص الي ان تصل ٣٠٠٠م/ث بعد ٢١يوم وبعد ٤٥ يوم تقف سرعته عند ٢٠٠٠م/ث

- واشهر خلطات الديناميت بالاضافة الي الخلطات السابقة :
  - نيتروجلسرين ٨٠% نشارة خشب ناعمة ٢٠%
  - نيتروجلسرين ٨٠% نيتروسليلوز ٥% نترات امونيوم ١٥%
  - نيتروجلسرين ٨٤ نيتروسليلوز ١٠ نترات امونيوم ١٥ ويذكر ان قوته ٢ بالنسبة لـTNT
  - نيتروجلسرين ٧٥ نيتروسليلوز ٥ نترات امونيوم ١٥ قوته ١,٨ مقارنة بـTNT
  - نيتروجلسرين ٧٥ نيتروسليلوز ٥ نترات امونيوم ١٥ نشارة خشب ٥ قوته١,٦ لـTNT

- هذا ويعتبر افضل الانواع الديناميت العسكري

وعند الغرب ينسبون اسم الديناميت العسكري لـ متفجر مركب من: (75% RDX) + (15% TNT) + (10% مواد لدنة ومواد مثبطة للحساسية). وهو ليس بقوة الديناميت المدني حيث انه يساوي (60%) فقط من قوة الديناميت المدني. بسبب انه لا يحتوي علي النيتروجلسرين فهو اكثر استقرارا واكثر امانا في التخزين والتداول من الديناميت المدني.

النيتروجليكول

- **الرمز الكيميائي**: $C_2H_4N_2O_6$.
- **الوزن الجزيئي**: ١٥٢,١.
- **تعريفها والاسماء الاخرى**: مادة سائلة من افضل المواد استخداما في الجو البارد (٢٠تحت الصفر) من اسمائها دينتريت جليكول ، دينتريت ايثلين، دينترو جليكول، دينتريت جليكول ايثلين.
- **تاريخها**: اكتشفت عام ١٩٠٥ واستخدم بكثرة عام ١٩٢٠ حيث حل محل النيتروجلسرين.
- **استخدامها**: الديناميت الجيلاتيني والكوردايت المستخدم في المناطق الباردة وحاليا هو اكثر استخدام من النيتروجلسرين لاستقراره اكثر منه.
- **لونها**: سائل عديم اللون عند نقائه ويكون ابيض او احمر او ازرق حسب لون الجليكول المستخدم في التحضير وهو اكثر لزوجة من الماء واقل من النيتروجلسرين.
- **كثافتها**: ١,٤٩ جم/سم٣.
- **درجة انصهارها**: -٢٢م.
- **درجة غليانها**: ١٩٧م وعندها تنفجر .
- **درجة انفجارها**: ١٩٧م.
- **الطاقة الصاعدة من الانفجار**: ١٦١٢ كالوري/كجم.
- **الحرارة الناتجة من الانفجار**: ٤١٠٠م.
- **الغاز الناتج من الانفجار**: ٧٣٧ لتر/كجم.
- **سرعتها الانفجارية**: ٧٨٠٠ م/ث.
- **قوة انفجارها**: ٢ مقارنة بـ TNT.
- **شراستها**: ١,٢ مقارنة بـ TNT.
- **الحساسية**: اقل حساسية للحرارة والصدم الميكانيكي من النيتروجلسرين.
- **القطر الحرج**: ١ملم.
- **الثبات الكيميائي**: اكثر ثباتا من النيتروجلسرين.
- **الذائبية**: لا تذوب في الماء الا قليلا عند زيادة الحرارة وقابل للذوبان في معظم المذيبات العضوية كالكحول والبنزين وغيره ويترسب مرة اخرى باضافة الماء وهو نفسه مذيب اكثر من النيتروجلسرين اذ تتم فيه اذابة النيتروسليلوز من اجل صناعة الكوردايت.
- **مقاومة الحرارة والبرودة**: متوسطة المقاومة للحرارة وافضل المواد مقاومة للبرودة.
- **تاثير الضوء واشعة الشمس**: وجد ان تعرضه لها يسرع من عملية تحلله.

- **التفاعل مع المعادن**: لا تتفاعل مع المعادن.
- **التبخر**: اكثر تبخر من النيتروجلسرين، ويعتبر سائل النيتروجليكول اكثر الزيوت تطايرا وفي تجربة مختبرية فقدت عينة منه ٣% خلال شهر، بينما لم تفقد النيتروجلسرين سوى ٠,٢% من وزنها.
- **النقل والتخزين**: يمنع استخدام الخشب في النقل او الحفظ لان الخشب يمتصه ويكون متفجر فيفضل نقله بالالمنيوم او البلاستيك وهو اكثر امانا في النقل من النيتروجلسرين بشرط الا يتعرض لصدمة قوية ويكون نقي جدا من الاحماض ويفضل تخزينه في حرارة لا تزيد عن ١٠م.
- **السمية**: يعمل على انخفاض ضغط الدم من خلال انبساط وتوسيع الاوعية الدموية وغازاته تسبب الصداع وهو اكبر من الصداع الناتج من النيتروجلسرين وذلك لانه اكثر تبخر وتطاير منه.
- **ميزان الاكسجين**: صفر.
- **المواد الداخلة في تحضيره**: حمض النيتريك المركز وحمض الكبريتيك المركز وكحول الجليكول.
- **خلطاتها**: النيتروجليكول يجعل النيتروسليلوز جيلاتيني بشكل اسرع ويتفاعل مع في درجات عادية وينصح باستخدامه في الديناميت الهلامي حتى يكون مضاد للتجمد.
- **انحلالها او تخريبها**: يتم احلالها حيويا من خلال سلالة بكتيريا هوائية تسمى سبتيليز باكيلس حيث وجد انها تحتاج فقط ٧٢ ساعة حتى تتحول الي نترايت وايثيلين جليكول مونو نيتريت.

متفجر الاسترولايت السائل

وهو يعتبر أقوى متفجر غير نووي **A** واسترولايت **G** الذي يقال إنه المتفجر السائل ذو سرعة الانصعاق الأعلى في العالم

كلا النوعين مأمونًا التعامل، وهما متعددا الاستخدامات على غير العادة، وكلا المتفجرين يمكن خلطهما، أو تحضيرهما من عناصر غير قابلة للصعق في الحقل أو مكان التحضير، الأمر الذي يسهل عملية الإمداد بها، ويزيد الأمان، ويبعد الشبهة. وهذه العائلة هي نتائج تكنولوجيا وقود الاحتراق في الصواريخ، وتم اكتشافه قدرًا عام ١٩٦٠ عن طريق مجموعة كانت تبحث عن وقود الصاروخ الدافع الذي أثبت جدارته وقوته الأمر الذي دائمًا يفجر الصواريخ على منصة الإطلاق.

ويتكون متفجر الاسترولايت عند خلط نترات الأمونيوم + انهايدروس هايدرازين فيتكون الاسترولايتG السائل وعند إضافة مسحوق الألومنيوم الناعم لها يتكون استرولايت A-1-5

ملاحظة: مسحوق الألومنيوم لا يتفاعل مع المكونين الرئيسين، ولكنه يبقى في المحلول لإعطاء قوة إضافية للمتفجر عند صعقه.

قوة المتفجر الهائلة سببها أنها تنشأ عن كون الاستروليت يرتكز على مجموعة الأمين NH2 الأمر الذي يجعلها تخرج غازات هيدروجين، ونيتروجين، وهذه الغازات تتمدد بقوة كبيرة من الغازات الناتجة عن المتفجرات الهيدروكربونية.

يجب أخذ النقاط التالية بعين الاعتبار عند التحضير:

- مادة انهايدروس هيدرازين مركب مسبب للتآكل، وقابل للاشتعال، لذلك يجب الاحتفاظ به بعيدًا عن الحرارة، وهو سام لدرجة بسيطة.
- وفي حالة استخدامه يجب أن يكون في منطقة جيدة التهوية، وإن بلع المادة أو استنشاقها أو لمسها ضار بالجسم وبالجلد والعينين، وفي حالة سكبه اغسل المنطقة سريعًا بكمية من الماء، وخاصة إذا انسكب على الجلد، واخلع الملابس الملوثة واغسلها جيدًا بالماء، والمنظفات، أما بالنسبة للعينين فيجب غسلها بالماء لمدة ١٥ دقيقة.
- أما بالنسبة لنترات الأمونيوم فهي عامل مؤكسد يجب حفظها بعيدًا عن اللهب والرطوبة .

الخليط المتفجر له خاصية السمية أقل من الانهايدروس هيدرازين، ولكن يجب أخذ الحرص عند التعامل معه.

- وهو نسبيًا ليس حساسًا للصدمات، لذلك يمكن استخدامه في مناخات مختلفة ويفضل لبس قفازات مطاط عند التعامل معه وتحضيره .
- وهو اقوى من TNT بمقدار ٢ضعف وهو اكثر أمنا من ٤٠ مرة من النيتروجلسرين
  - وتم تجربته فانتج حفرة اكبر ثلاث مرات من التي انتجها C4

هنالك عدة استخدامات وتطبيقات له مثل :

لغم أرضي سائل :وذلك بصبه مباشرة فوق الأرض، وتسويته بالأرض ثم تفجيره بالصاعق العادي، والكهربائي؛ سواء كان الصاعق مغمورًا بالتراب، أو سطحي، أو بوصله بشراك خداعي، وبسبب سرعة الانصعاق العالية يكفي استخدام كمية في لغم أرضي سائل بمقدار ٣٠ غم كافية لقتل أو قطع ساق وسوف تحدث القوة الانفجارية في الاتجاه الأعلى ولها القدرة على قتل الأفراد، وتعطيل آلية خفيفة.

وسنتكلم الان كتصنيف اضافي عن المتفجرات الدافعة ولم تشمله التصنيفات السابقة المفصلة حيث انه ليس بمتفجر بحد ذاته لكن ان صاحبه كبح يتفجر وهو حساس للشعلة

المتفجرات الدافعة

وتستعمل لدفع الصواريخ والقذائف والطلقات مثل خليط وقود الصواريخ السائل ، البارود ، النيتروسليولوز ،و الكوردايت، وبيركلورات الأمونيوم (NH4)CLO4 وخلائطها التي تستخدم في إنتاج وقود الصواريخ الصلب (خليط بيروكلوارت الأمونيوم مع براده الألمنيوم و الابوكسي).

وهذا النوع ليس بمتفجر في حد ذاته ولكن اذا صاحبه كبح تفجر ويشترك مع المحرضات في انه يشتعل بمجرد وصول الشرارة النارية اليه ويستخدم هذا النوع في المتفجرات كوقود دافع لجميع انواع الصواريخ وكحشوة دافعة في جميع انواع الاسلحة الخفيفة والثقيلة .

ويكون تحول هذه المادة احتراقاً عادياً في الهواء الطلق وينفجر في حال ضغط المادة أو إشعال كمية كبيرة منها أو صعقها بواسطة صاعق عسكري في بعض المواد . وهو ما نسميه بالانفجار الميكانيكي وتصل سرعة الاحتراق إلى ١٠٠٠م/ث فما دون . **ومن الأمثلة على المتفجرات بطيئة التحول : -**

- **نيتروسيليلوز** تستخدم للدفع في الطلقات ، ولنقل الشعلة في الفتائل .
- **الكوردايت** يوجد في الحشوة الدافعة لقذيفة (آر بي جي) .
- **البارود الصلب** – للصواريخ .
- **الالستول** ويستخدم للدفع في قذائف المدفعية .

وفي مجملها تستخدم كحشوات دافعة ، ويلعب النيتروسيليلوز دور أساسي فيها ، بل طورت الحشوات الدافعة ولا سيما للصواريخ بإضافة مواد تزيد من فاعلية الحشوات الدافعة مكونة عدة أنواع لها .

خواصها :

١. يتم تحولها إلى غازات يصحبها صوت وضوء ولهب إذا كبحت.
٢. سرعة الاحتراق تكون بين ٤٠٠ – ١٠٠٠ متر/ ثانية .
٣. الغرض منها إعطاء قوة دفع .
٤. يمكن التحكم في سرعة التحول بواسطة التحكم في السطح المعرض للاحتراق.
٥. تستعمل في دفع المقذوفات ولذلك سميت بالمواد القاذفة أو المواد الدافعة.

أنواع الحشوات الدافعة :-

- **أحادية القاعدة :** و يدخل في تركيبها النيتروسيليلوز .
- **ثنائية القاعدة :** ويدخل في تركيبها النيتروسيليلوز و النتروغلسرين
- **ثلاثية القاعدة :** ويدخل في تركيبها النيتروسيليلوز النتروغلسرين ومادة تحوي طاقة كبير مثل النتيروجيليكول H.M.X-RDX لا تزيد عن ٥% .
- **رباعية القاعدة :** ويدخل في تركيبها النيتروسيليلوز و مواد مؤكسدة تتكون من مواد بوليميرية رابطة كوقود .

وهناك حشوات دافعة سائلة مادة مؤكسدة مثل حمض النيتريك أو بيرو كسيد الهيدروجين أو الأكسجين أو غازات النيتروجين ... ومادة مختزلة (الوقود) مثل الهيدرازين والكحول وغيرها من المواد سريعة الاشتعال .

واليك نبذة عن بعض المواد الدافعة

البارود الاسود (البارود الدخاني)

تاريخه: هذا النوع هو أشهر المتفجرات وأقدمها من حيث الاكتشاف إذ يقال أن الصينيين اكتشفوه منذ القدم وكانوا يستخدمونه كألعاب نارية، وقد ادعى الأوربيين أنهم اكتشفوه، وقد استخدمه المسلمون في حربهم ضد الإسبان في الأندلس و كانوا أول من استخدم البارود للأعمال الحربية، وبعد سقوط الأندلس في يد الصليبين انتشرت صناعة البارود، واستطاع صليبيوا أوروبا من الاستفادة منه وتطوير أسلحة من خلاله، وهذا من الأسباب التي مكنتهم من احتلال العالم، ولا زال يستخدم البارود الأسود منذ ٦ قرون تقريباً ، ولم يستغن عنه أحد إلى يومنا هذا، بل إن البارود الأسود هو السبب الرئيسي في تحول المعارك والحروب من المواجهة المباشرة بالسلاح الأبيض إلى المواجهة غير المباشرة بالأسلحة النارية.

خواصه الطبيعية: عبارة عن بلورات سوداء اللون، يشتعل اشتعال وميضي بشرارة نارية وينفجر إذا كبح، ومن مزايا خليط البارود أنه مادة ثابتة ولا تتحلل إلا أنه توجد بعض المساوئ له وهي أنه يجب حفظه دائماً بعيدًا عن الرطوبة والحرارة العالية، وهو حساس للحرارة والاحتكاك، وتتبقى بعد احتراقه بقايا صلبة يمكن أن تؤثر على كفاءة السلاح المستخدم حيث يكون التأثير في السبطانة.

سرعته الانفجارية : ٤٠٠ م /ث .

استخداماته :يستخدم كحشوة دافعة لجميع أنواع الطلقات، وكحشوة دافعة لجميع أنواع مدافع الهاوتزر ، ويستخدم كحشوة دافعة لقذائف الهاون –حلقات البارود–، ويستخدم على شكل كبسولات لقذائف الهاون، ويستخدم في صناعة الفتائل البطيئة والسريعة.

تركيبة البارود الأسود الأساسية:

٧٥ % نترات البوتاسيوم + ١٥ % فحم نباتي + ١٠ % كبريت زراعي أصفر .

وسنتطرق هنا للحديث عن نترات البوتاسيوم لأهميتها

نترات البوتاسيوم:

- عبارة عن املاح بيضاء اللون تدخل في تحضير البارود الاسود وفي كثير من الخلائط وتدخل في تحضير حمض النيتريك

- **اشهر خلائطها** ٧٥نترات بوتاسيوم+١٠فحم نباتي+١٥كبريت اصفر حيث تنتج عنه مادة البارود الاسود،

والمادة الدافعة المستخدمة في الصواريخ المحلية في ارض الرباط المادة الرئيسية فيها نترات البوتاسيوم وتسمى البارود الاحمر او الابيض

وخلطتها هي : نسبة ٦٠% نترات بوتاسيوم ونسبة ٤٠% سكر او سوربتول(سكر صناعي) او جلوكوز

ملاحظة : هذه المادة شرهة للرطوبة فيتوجب حين العمل بها ان لا نبقى بالمادة رطوبة.

النيترو سليلوز(القطن المتفجر)

- يسمى البارود اللادخاني ومواصفاته شكله شكل القطن العادي لكنه أكثر خشونة، لونه بني فاتح او بني قاتم او اخضر مائل للسواد او رصاصي مائل للسواد وذلك حسب طريقة تصنيعه.
- وأما شكله فيأتي على شكل شرائح كما في الحشوة الدافعة لقذيفة RBG7 أو على شكل قضبان كما في الحشوة الدافعة الثانية في نفس القذيفة وهو غير حساس كثيرا للصدم مقارنة بحساسيته للحرارة واللهب ويصنع من القطن مضافا اليه حمض النيتريك المركز وحمض الكبريتيك المركز.
- يصنع منه الكوردايت وفي صناعة البارود اللادخاني (السلطاني) ويستخدم في صنع الديناميت الهلامي.
- تركيبه عبارة عن عملية نترجة السيليلوز (القطن الطبي) بإضافة مجموعة النيترايت (NO2)- الموجودة في حمض النيتريك (HNO3)-
- الذوبان: يذوب في الأسيتون.
- الحساسية:يتأثر بالكهرباء تأثراً كبيراً وعديم الحساسية للصدم وحسّاس للحرارة واللهب.
- كثافته (١,٦٥غم / سم٣).
- درجة انصهاره : ٦١,٧م.
- الثبات: يكون ثابتا عند نقائه وخلوه من الاحماض.
- الانحلال يتحلل اذا كانت به بقايا حمضية وعند تعرضه لاشعة الشمس مباشرة.

ملاحظة هامة: المتفجرات الدافعة بالامكان استخدامها **كمتفجرات دخانية** خصوصا المحتوية على نترات البوتاسيوم ولكن لا نكبحها بل نترك فتحات لخروج الدخان ونشعلها اشتعال واشهر مثال هو كما المادة الدافعة وهي خليط نترات البوتاسيوم نسبة ٦٠% الي سكر نسبة ٤٠% وبالامكان اضافة صبغات بودرة لتلوينها.

المتفجرات عالية الحرارة (الحارقة)

وهي عبارة عن خلائط مضاف اليها بودرة الالمنيوم او غيرها وذلك لزيادة الحرارة ويغلب عليها صفة الحرق تستخدم في حرق الاهداف فتغلب فيها الحرارة العالية على التدمير

- **خليط الامونال :** ٧٦ TNT + ٢٢ نترات امونيوم + ١٢ بودرة المونيوم
- **خليط التريتونال :** ٨٠ نترات امونيوم + ٢٠ بودرة المونيوم
- **خليط الميثول :** ٤٠ TNT+ ٤٠نترات امونيوم + ٢٠ بودرة المونيوم

- ومنها ما يصنع شعبيا كقنابل المولوتوف الحارقة
- وتعتمد اساسا على نوعين من المواد مادة سريعة الاشتعال ومادة بطيئة الاشتعال

❖ **<u>واليك بعض الخلائط الشعبية الحارقة</u>**

المولوتوف وله عدة طرق منها: ٦٥ بنزين او جاز + ٣٥ زيت سيارات مستعمل او فلين او صابون نباتي مبشور

قنبلة النابالم الحارقة : تتكون من نصف لتر بنزين + ٥٠ غم من الصابون النباتي + ٥٠غم من السكر

<u>خليط الثرميت</u> ٥٤ مسحوق الالمنيوم+ ١٦٠اكسيد الحديد+ ١٠ اكسيد الباريوم+ ١٠مل زيت موتور السيارة .

ملاحظات :

- يمكن اضافة ١٠% من الحجم الكلي مغنسيوم وذلك لزيادة الحرارة وللحصول على دخان ابيض.
- ابعد الحشوات المصنعة عن اي مصدر من مصادر الحرارة او الكهرباء .

<u>وتفصيل صناعتها يرجع له في كتاب الصواعق المرسلات وموسوعة الجهاد وغيرها</u>

وأخيرا في التصنيفات

المتفجرات الصوتية: بالامكان صناعتها بوضع مادة البارود الاسود وغيره من المواد الدافعة بكابح قوي لكن غير مؤذي لان استخدامات القنابل الصوتية يكون لغير الايذاء وبالامكان ايضا استخدام مادة النتروسليلوز.

وهناك خليط آخر فعال كلورات البوتاسيوم وبنزوات الصوديوم بنسبة ٥٠% الى ٥٠% ويخلطوا خلط باليد بدون اي تفاعل وتكون جاهزة حينها بعد كبحها بكرتون مقوى شديد او غلاف بلاستيكي مقوى.

اهم شئ الكابح ان لا يكون مؤذي لانه سيتفتت ويتشظى.

ملاحظة: يتم اختيارها من المواد ذات القوة المنخفضة حتى يكون ضررها خفيفا.

وكان لا بد لنا أن نتحدث عن الخلائط كقسم مستقل مع العلم اننا تطرقنا لأجزاء منه من خلال الحديث عن بعض خصائص المواد وخلائطها ونذكره الآن للترتيب والفائدة

الخلائط المتفجرة:

مقدمة: بعض المواد المتفجرة لا تستعمل بمفردها، بل ممزوجة مع مواد أخرى متفجرة أو غير متفجرة (عاطلة). كما أن هناكخلائط لا ينفجر كل من مكوناتها بمفرده، لكنها تنفجر عندما تكون معاً . ذلك أننا إذا كنا لا نسطيع تغيير شيئاً في الخصائص النارية الساكنة للمواد المتفجرة (PYROSTSTIC)، إلا أننا تستطيع إجراء ذلك على الخلائط، وذلك بالتخطيط لها، وتحضيرها بحيث تنطبق بصورة تامة على المشكلة الخاصة التي ينبغي حلها (تخفيف الحساسية – تحويل إلى مادة قاذفة...).

❖ **تصنيف الخلائط المتفجرة:** تصنف الخلائط المتفجرة كما يلي:

١ - **الخلائط المكونة من مواد غير متفجرة (عاطلة):** ومثالها النموذجي هو البارود الأسود، الناتج بالخلط الآلي الجيد للكبريت ونيترات البوتاسيوم والفحم، هذه المكونات التي لا يعتبر أي منها مادة متفجرة بمفرده.

٢ - **الخلائط المكونة من مواد متفجرة ومواد غير متفجرة:** حيث تستعمل المادة العاطلة لزيادة أو تخفيف حساسية المادة المتفجرة (تخفيف حساسية الهيكسوجين بالشمع)، أو كمادة ماصة (الديناميت الغير جيلاتيني)، أو كمادة مذبة (تذويب النيترو سليلوز مع الأسيتون)، أو كمادة مثبتة...

٣ - **الخلائط المكونة من مواد كل منها متفجرة بحد ذاتها:** ومثالها صمغ الديناميت المكون من النيتروغليسرين والنيتروسليلوز.

❖ **مكونات الخلائط المتفجرة:** تقسم إلى أربعة أنواع:

١ - **المؤكسدات:** وهي متعددة الأنواع والتركيب، أهمها: نيترات البوتاسيوم والصوديوم والباريوم والسترونسيوم، كلورات البوتاسيوم والباريوم، بركلورات البوتاسيوم وغيره، برأكسيدات الباريوم والسترونسيوم، أكاسيد الحديد والمنغنيز والرصاص وغيرها.

٢ - **الوقود:** ويكون دوره أحياناً ربط المكونات فيما بينها (الكبريت...)، وينبغي أن يكون سهل التأكسد بالمؤكسدات التي تجاوره وأن تنتج عن إحتراقه مواد تؤمن أفضل تأثير نوعي، بالإضافة إلى ضرورة عدم تأثره بالحرارة والرطوبة. وأهم الأجسام التي تقوم بدور هذا الوقود هي:

- العناصر المعدنية: مغنزيوم، ألمنيوم، زنك، حديد، أنتيموان، زركونيوم...
- العناصر الغير معدنية: فوسفور، كبريت...

- العناصر الكربونية: فحم، نشاء، نشارة الخشب، سكر، كاز، بنزين، بنزول، تربنتين...

٣ - **مواد مساعدة ميكانيكية:** لا يكفي الوقود والمؤكسد لوحدهما للحصول على خليط متفجر، بل من الضروري بصورة عامة إضافة مواد أخرى لتخفف صفات محددة أو تبرزها، أو لتساهم في حفظها عند التخزين. فهذه المواد تقوم بأدوار مختلفة تبعاً لطبيعتها، ومن هذه الأدوار:

- ربط المكونات فيما بينها، وتكون هذه المواد قابلة للإشتعال (المذيبات، والأصماغ...).
- امتصاص المواد المتفجرة السائلة (النيتروغليسرين)، لتسهيل عملية استعمالها.
- الحد من حساسية المزائج تجاه الصدمات والحرارة (البارافين، الفازلين، الستيارين، أكسيد المغنزيوم، فلوريد الباريوم...).
- زيادة الإستقرار الكيميائي للمزائج.

٤ - **المعدن والمركبات المعدنية:** مثل الألمنيوم لرفع درجة حرارة الإنفجار.

❖ خصائص بعض الخلائط المتفجرة المدمرة:

١ – **الديناميت:** مواد متفجرة ثانوية يشكل النيتروغليسرين فيها المادة الأساسية. تقسم أنواعه تبعاً لتركيبها إلى الفئات التالية:

أ – **الديناميت الغير جيلاتيني** الذي يحتوي على النيتروغليسرين ممزوجاً مع مادة خاملة (طين كيسيلغور أوالرمل المكلس...) لا تدخل في التفاعل الإنفجاري، وهي تبقى بعد الإنفجار كراسب صلب. هذا الراسب يعمل على تخفيض درجة حرارة الإنفجار، وبالتالي على إنقاص القوة النوعية للإنفجار وسرعة هذا الإنفجار. لذلك إستبدل بمادة حيوية (الفحم نباتي، نشارة الخشب، دقيق حبوب...) قابلة للإشتعال أوالإنفجار.

ب – **الديناميت الجيلاتيني** الذي يحتوي على نيتروغليسرين مهلم بكمية صغيرة من النيتروسليلوز، يبدو هذا النوع من الديناميت على شكل كتلة هلامية لدنة ومرنة، وشفافة ضاربة إلى الصفرة كالعسل، لها من الكثافة ١,٥، ويمكن قطعها أو ثنيها دون أن يخرج منه النيتروغليسرين. ويحضر منه عادة ثلاثة أنواع:

- ❖ الديناميت العادي أو الديناميت رقم (١).
- ❖ الديناميت القوي أو الديناميت رقم (٢).
- ❖ الديناميت فائق القوة أو الديناميت رقم (٣)..

٢ – **خلائط نيترات الأمونيوم:** تعتبر جميع المواد المتفجرة المكونة أساساً من نيترات الأمونيوم، موداً متفجرة ثانوية تتميز بحساسيتها الضعيفة تجاه التأثير الميكانيكي بالمقارنة مع المواد الأخرى. ولا بد من إعطاء فكرة عن نيترات الأمونيوم وميزاته: فهو مسترطب، سهل الذوبان في الماء والأمونياك والميتانول والإيتانول.

يستعمل بشكل أساسي كسماد وكذلك في صناعة المواد المتفجرة. ويعود هذا الإستعمال الأخير إلى أسباب عدة، منها زهد ثمنه، قدرته كمؤكسد وعلى التحول كلياً إلى غازات تحت حرارة منخفضة نسبياً.
أشهر متفجرات نيترات الأمونيوم هي: الروبيوريت، الأمونيت، الأمونال، الديناموم...

٣ - **خلائط الكلورات والبركلورات:** إن المؤكسد المستعمل في هذه الأنواع من المتفجرات هو كلورات البوتاسيوم أو الصوديوم، وخاصة الأمونيوم. تتميز بسهولة إشتعالها من جراء الصدم أو الإحتكاك أو اللهب أو الشرارة، سرعة إنفجارها بطيئة. أشهر أنواعها: متفجرات(O)، الكلوراتيت، الشيدايت أو الستريت، راكاروك...

٤ - **خلائط المتفجرات العضوية:** أساس تركيبها مواد متفجرة عضوية (ت.ن.ت، نيتروسليلوز، نيترو بنزين...) تخلط مع بعضها بنسب محددة. أشهر أنواعها: ألأوكتول، سيكلوتول، تريتونال...

٥ - **خلائط المتفجرات السائلة:** أساس تركيبها مواد ملتهبة سائلة. منها ما تخلط مع بعضها قبل الإستعمال مباشرة. أشهر أنواعها:

- **متفجرات برأكسيد الأزوت (N_2O_4)** : وهي عبارة عن مزائج متفجرة سائلة يقوم فيها برأكسيد الأزوت السائل بدور المؤكسد، أما الوقود فهو البنزين أو غيره من المواد الملتهبة. ويعتبر البنكلاستيت من أهم أنواعه.
- **متفجرات الأوكسيجين أو الهواء السائل:** حيث تبلل أصابع من الفحم المسحوق أو الرمل الخثّي المشبع بالكاز أو الرماد أو نشارة الخشب مع الأوكسيجين أو الهواء المسّلي.
- **متفجرات حامض سبرنغل:** تصنع هذه المتفجرات عند الإستعمال مباشرة من مزج حامض النتريك المركز مع مادة ملتهبة. من أهم أنواعه: الأوكزونيت (58% حامض البكريك، 42% حامض النتريك)، والهلهوفيت (58% نيتروبنزين، 42% حامض النتريك).

٦ - **خلائط المتفجرات الغازية:** من المعروف أن بعض الغازات كالكلور والأوكسيجين (الهواء)، تشكل خلائط غازية متفجرة مع غازات أخرى كالهيدروجين، أوكسيد الكربون، الميتان، الأسيتيلين، بخار السبيرتو، البنزين...

واليك نهاية أخي المجاهد هذه الجداول التي تسهل عليك اختيار المادة ومقارنة من الافضل منها ومراجعة بعض المعلومات المهمة التي في هذا الباب بطريقة سهلة وسلسة

جدول بخصائص المتفجرات المشهورة سرعتها وقوتها وكثافتها وقطرها الحرج ودرجة انفجارها

المادة	الإستعمال	سرعة الإنفجار	قوة المتفجر	الكثافة	القطر الحرج	درجة انفجاره
البارود الأسود	فتيل الأمان اشتعالي	٤٠٠	٠,٥٥			
نيترات الأمونيوم	حشوات الحفر	٤٠٠٠	٠,٢٤			
الامونال	حشوات فحر وتدمير	٥٣٠٠-٤٥٠٠				
الأماتول٨٠/٢٠	حشوات التحريض	٤٩٠٠	١,١٧			
ديناميت أم١	حشوات التدمير	٦١٠٠	٠,٩٢			
ديناميت الهلامي	التدمير واستخدام مدني	٧٦١٠-٣٩٦٠				
TNT	التدمير والنسف	٦٩٠٠	١	١,٦٥	٢٨	٣٠٠
الردة	حشوات التدمير	٧٥٠٠	١,٢٥	١,٥	١٣	
تتريتول ٧٥/٢٥	حشوات التدمير	٧٠٠٠	١,٢			
تتريل	التدمير والنسف	٧١٠٠	١,٢٥	١,٧٣	١٣ملم	١٨٧
بنتوليت ٥٠/٥٠	حشوات التحريض	٧٤٥٠	-			
C4	القطع، القص والتدمير	٨٠٠٠	١,٤			
C3	القطع، القص والتدمير	٧٨٠٠	١,٣٤			
بنتريت	الفتيل والصواعق وحشوات	٨٤٠٠	١,٧	١,٧		٢٠٥
RDX	الصواعق والحشوات	٨٧٥٠	١,٨	١,٨	٣ملم	٢٢٩
HMX	الصواعق والحشوات	٩١٠٠	١,٦	١,٩١	٣ملم	٣٣٥
TROPEX	القنابل النووية	٧٦٠٠				
سيمتكس	القطع والاغتيال	٨٣٥٠	١,٨			
ثلاثي نترو الكريزول	الصواعق والحشوات	٦٨٥٠		١,٦٢		
حمض البكريك	الصواعق والحشوات	٧٦٥٠	1.6	١,٧٥	٦ملم	٣٠٠
نتروجلسرين	الدوافع والديناميت	٩٢٠٠-٧٠٠٠	١,٧	١,٣٦	١ملم	٢٠٠
نتروجليكول	دوافع وحشوات تدمير	٧٨٠٠	٢	١,٤٩	١ملم	١٩٧
نيترسليلوز	حشوات الدفع	٧٣٠٠		١,٦٥		
الاسترولايت	متفجر قوي جدا		٢			
البلاستيك الاسود	متفجر متوسط		١,٢٠			
مركب B	تدمير وحشوات	٧٨٠٠	١,٣			
امونيت	للفحر والتدمير	٤٥٠٠	١,٣			
فلمنات	في الصواعق	٥٠٠٠	٠,٥	٤,٤	غبار	١٧٠
ازيد	في الصواعق	٥٣٠٠-٤٥٠٠	٠,٣٧	٤,٨	غبار	٣٥٠
ستيفانات	في الصواعق	٥٢٠٠-٤٩٠٠		٣	غبار	
التيترازين	في الصواعق			١,٧	غبار	
بيروكسيداسيتون	في الصواعق	٥٣٠٠	٣٣.	١,٢٢	غبار	١٣٠
بيروكسيدهيكسامين	في الصواعق	٤٥١٠		١,٥٧	غبار	٢٠٠

واليكم هذا الجدول فانه يوضح أنواع المواد وتصنيفها بشكل عام من حيث السرعة والاستخدام وأماكن تواجدها

السرعة	نوع المادة	مجالات الاستفادة	وجودها
بطيئة	باروديات ، ألستول	قذف ، دفع ، نقل شعلة	في الطلقات ، في الفتائل الاشتعالية ، حشوات الدفع الصاروخية ، عبوات شعبية (أكواع)
سريعة	مواد حساسة	محرض للمواد المتفجرة	في الصواعق ، كبسولات الطلقات ، تدخل في تركيب بعض المواد ضعيفة الحساسية (ديناميت) ويمكن استخدامها كعبوة (ثلج أبيض) .
	نصف حساسة	نقل موجة انفجارية ، حشوات مساعدة	الفتائل الانفجارية ، الألغام الفردية والبحرية ، تدخل في تركيب المواد مثل C4 بوستر وفي الصواعق
	ضعيفة الحساسية	مادة متفجرة ، للتخريب والتدمير والقطع والخرق	فالرؤوس الحربية للصواريخ والقذائف ، في الألغام ، في القنابل ، في العبوات الناسفة .

وهذا جدول مقارنة بين خصائص المواد المتفجرة وإستعمالها من حيث حرارة وسرعة الانفجار :

❖ **المواد المتفجرة :**

حرارة الإنفجار	سرعة الإنفجار	الإستعمال العسكري	الإستعمال المدني
عالية متوسطة	عالية جداً	**تفعيل الرؤوس النووية** الحشوة الجوفاء علية الأداء الحشوة المنسحقة الرأس	تحطيم المعادن
متوسطة	عالية	قذائف المدفعية القنابل اليدوية الحشوة الجوفاء العادية حشوات تذخير للمواد ضعيفة الحساسية	تدمير الباطون تدمير الصخور الصلبة حشوات تذخير للمواد ضعيفة الحساسية
عالية	متوسطة	الحشوات الداخلية الطوربيد الألغام البحرية	–
متوسطة	متوسطة – منخفضة	–	تدمير الصخور العادية
منخفضة	منخفضة	–	مناجم الفحم الحجري
منخفضة	متوسطة	الصواعق	الصواعق

❖ **المواد الدافعة :**

حرارة الإنفجار	سرعة الإحتراق	الإستعمال العسكري	الإستعمال المدني
عالية متوسطة	منخفضة	وقود دفع للصواريخ	وقود دفع للصواريخ
متوسطة	عالية	وقود دفع للقذائف	وقود دفع للرصاص
منخفضة	عالية	كبسولة الإشعال	تحطيم الصخور الهشة والحجارة

علما بأن : -

□ **قيمة حرارة الإنفجار :**	□ **قيمة سرعة الإنفجار :**
عالية : 5500 j/g < متوسطة : 5500 – 3500 j/g منخفضة : 3500 j/g >	عالية جداً : 7500 m/s < عالية : 7500 – 6000 m/s < متوسطة : 6000 – 3500 m/s منخفضة : 3500 m/s >

□ **الخصائص الفيزيائية لبعض المواد المتفجرة :**

❖ **المواد الحساسة :**

المواصفات	فلمينات الزئبق	أزيد الرصاص	ستيفانات الرصاص	التيترازين
الإنصهار ^{0}C				
الوزن الجزيئ M	284.6	291.3	468.3	188.2
حرارة التشكل cal/g	229	397	-426.6	270
سرعة الإنفجار m/s	5000	4500-5300	4900 – 5200	
الكثافة d g/cm^3	4.4	4.8	3.0	1.7
ميزان الأوكسيجين □	-11.2	-5.5	-18.8	-59.5
درجة الحرارة للإنفجار K كلفن+٢٧ T	185	400 - 405	300	150
الحساسية للصدمة J	2	4 – 5.8	4	3
الحساسية للإحتكاك N	8	0.2 - 4	8	10
كمية الحرارة لحظة الانفجار kcal/kg Q	350	400	370	550
الحجم النوعي l/kg V_0	316	231		400 - 450
القوة النوعية kg f	5530			
الحرارة الناتجة من الانفجار T ^{0}C	4350			
ضغط الغازات الناتج عن احتراق الوقود الدافع P Tm	174.7			
الحجم المرافق □	0.31			

❖ **المواد نصف حساسة :**

HMX	RDX	PETN	المواصفات
280	204	141.4	الإنصهار ^0C
296	222	316	الوزن الجزيئ M
-180	-94	387	حرارة التشكل cal/g
9100	8750	8400	سرعة الإنفجار m/s
1.91	1.82	1.77	الكثافة g/cm^3 d
-21.6	-22	-10.1	ميزان الأوكسيجين □
287	260	202	درجة الحرارة للإنفجار K كلفن+٢٧٣ T
7.4	7.4	3	الحساسية للصدمة J
12	12	6	الحساسية للإحتكاك N
1435	1440	1400	**كمية الحرارة لحظة الانفجار kcal/kg Q**
782	910	780	الحجم النوعي l/kg V_0
	12600		القوة النوعية kg f
	3380		الحرارة الناتجة من الانفجار $T\ ^0C$
			ضغط الغازات الناتج عن احتراق الوقود الدافع P Tm
			الحجم المرافق □

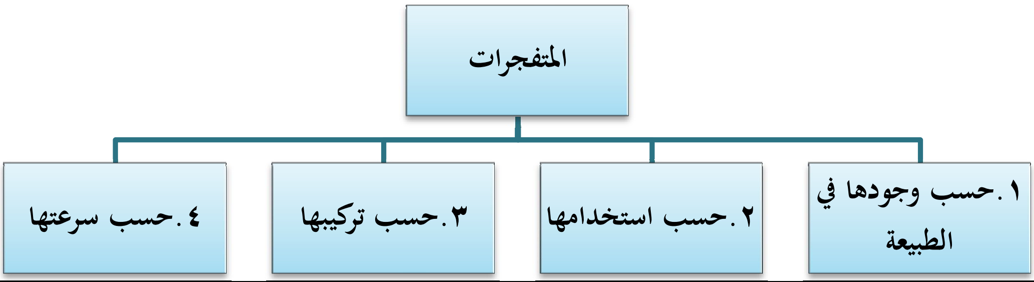
❖ **المواد عديمة الحساسية :**

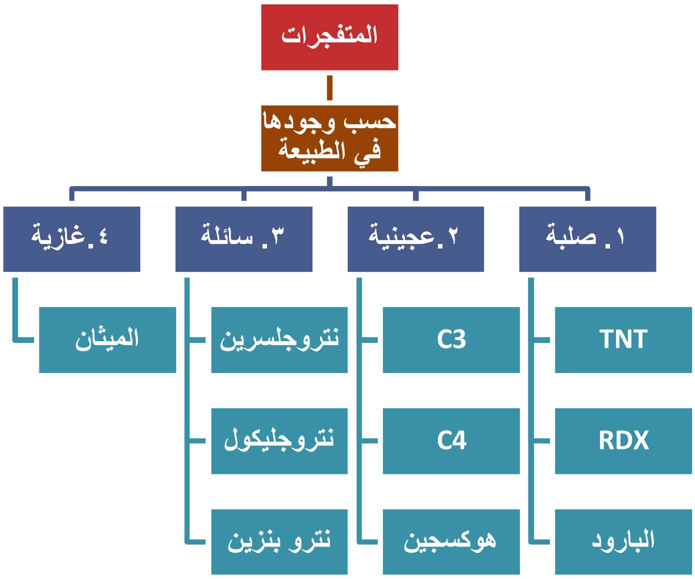
N.C	TET	N.G	TNT	المواصفات
	129	13.2	80.7	الإنصهار ^0C
		227	227	الوزن الجزيئ M
		387	58	حرارة التشكل cal/g
	7160	7700	6900	سرعة الإنفجار m/s
1.65		1.60	1.65	الكثافة g/cm^3 d
		3.5	--74	ميزان الأوكسيجين □
		217	300	درجة الحرارة للإنفجار K كلفن+٢٧٣ T
		0.2	15	الحساسية للصدمة J
		36<	36<	الحساسية للإحتكاك N
1025	1095	1510	1210	**كمية الحرارة لحظة الانفجار kcal/kg Q**
765	750	715	620	الحجم النوعي l/kg V_0
9594		12240		القوة النوعية kg f
3100	3530	3145	2820	الحرارة الناتجة من الانفجار $T\ ^0C$
442		620		**ضغط الغازات الناتج عن احتراق الوقود الدافع P Tm**
0.86		0.71		الحجم المرافق □

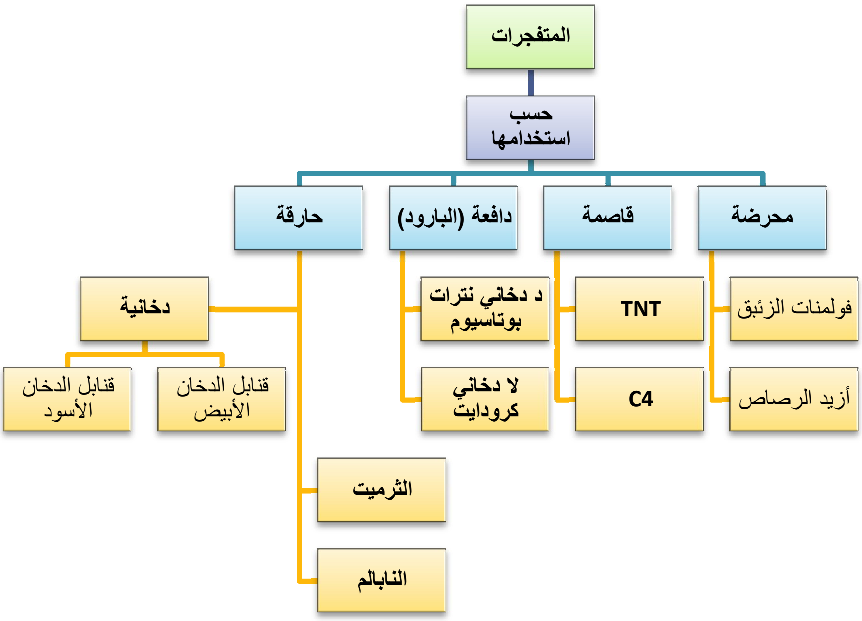
واليك اخي الكريم جدول جامع لمعظم المواد وخصائصها

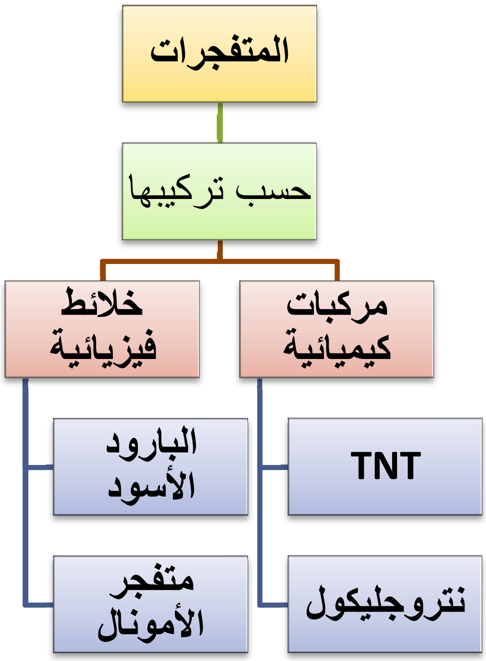
TET	P.Ac	N.C	MELI	N.G	HMX	RDX	PETN	TNT	المواصفات
129	122		122.5	13.2	280	204	141.4	80.7	الإنصهار ^0C
			229	227	296	222	316	227	الوزن الجزيئي
	50.2		221	387	-180	-94	387	58	حرارة التشكل cal/g
7160			7350	7700	9100	8750	8400	6900	سرعة الإنفجار m/s
		1.65	1.76	1.60	1.91	1.82	1.77	1.65	الكثافة g/cm^3
			-45.4	3.5	-21.6	-22	-10.1	--74	ميزان الأوكسيجين
			300	217	287	260	202	300	درجة الحرارة للإنفجار
			7.4	0.2	7.4	7.4	3	15	الحساسية للصدمة J
			36<	36<	12	12	6	36<	الحساسية للإحتكاك N
1095	1000	1025	1200	1510	1435	1440	1400	1210	**Q cal/g**
750	877	765	610	715	782	910	780	620	V_0 l/kg
	9682	9594		12240		12600			. f
3530	2634	3100		3145		3380		2820	T ^0C
	323	442		620					**P Tm**
	0.87	0.86		0.71					□

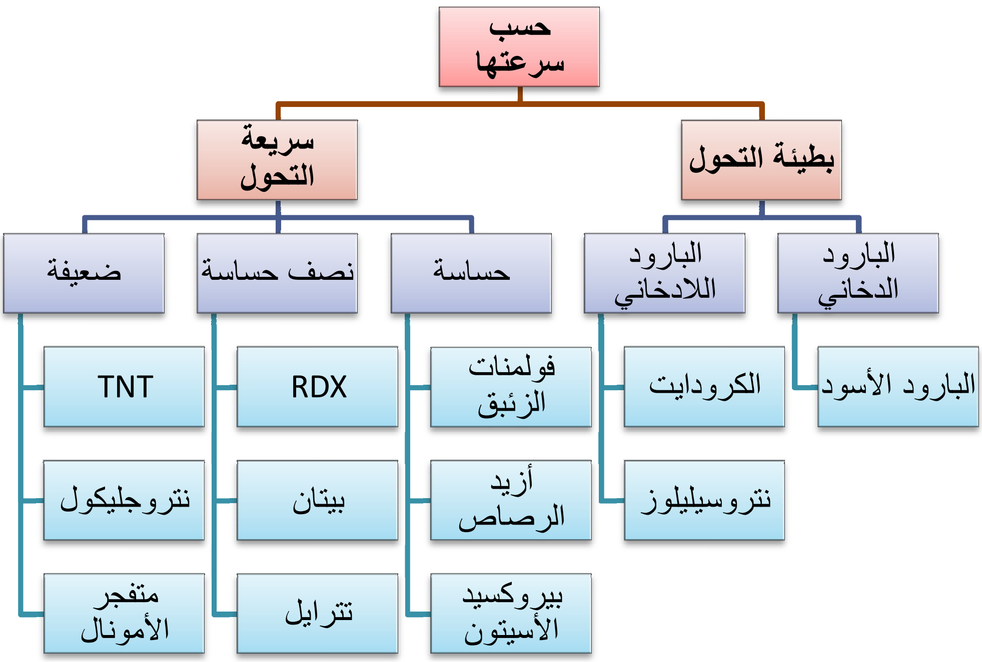
واليك أخي الكريم ملخص تصنيف المتفجرات على شكل مخطط حتى يسهل استحضارها :








المتفجرات
حسب تركيبها
مركبات كيميائية
خلائط فيزيائية
TNT
نتروجليكول
البارود الأسود
متفجر الأمونال


حسب سرعتها
بطيئة التحول
سريعة التحول
البارود الدخاني
البارود اللادخاني
حساسة
نصف حساسة
ضعيفة
البارود الأسود
الكروداyت
نتروسيليلوز
فولمنات الزئبق
أزيد الرصاص
بيروكسيد الأسيتون
RDX
بيتان
تترايل
TNT
نتروجليكول
متفجر الأمونال

سلسلة التفجير (خط النار)

لتقييم أي عملية انفجار فإننا نركز على مسألتين رئيسيتين :-

المسألة الأولى : هو انفجار كامل المادة .

المسألة الثانية : هو تحقيق الهدف من الانفجار مثلا تدمير مبنى كاملا أو اختراق دبابة وتدميرها ..الخ وبذلك نحكم على مجمل عملية الانفجار بالنجاح الكامل أو الجزئي أو الفشل .

وفي هذا المبحث سنتناول بالعموم دراسة العامل الأول إن شاء الله .

فكما هو معلوم لدينا أن المتفجرات السريعة تصنف إلى عدة أنواع :-

١. **مادة حساسة (بادئ انفجار) .**
٢. **نصف حساسة (حشوة مساعدة) .**
٣. **ضعيفة الحساسية (حشوة رئيسة) .**

وفي حال استخدام أكثر من مادة فيجب مراعاة سلسلة التفجير (خط النار) لضمان انفجار تام للمادة .

حيث أن عملية الانفجار تقسم إلى ثلاث حالات من حيث نتيجة الانفجار :

- **انفجار تام** : انفجار كامل المادة .
- **عجز انفجار** : انفجار جزء من المادة فقط .
- **فشل انفجار** : عدم انفجار المادة .

ونعني بسلسلة التفجير (خط النار) :

ترتيب وضع المواد المتفجرة المختلفة والمستخدمة في العبوة الواحدة بناءا على تصنيف المتفجرات ، مراعين في ترتيبها بحسب الأمور الرئيسية التالية :-

١. **الحساسية** :(مدى استجابة المادة للمحرض الخارجي – حرارة ، طرق ، احتكاك ..الخ) .
٢. **السرعة** :(سرعة تحول المادة الى غاز ، وكذلك سرعة الغازات المنطلقة) .
٣. **القدرة** :(قوة تأثير المادة وتقاس نسبة الى TNT حيث = ١فمثلا C4 =١,٣٤من TNT) .
٤. **النقاوة** :(نسبة وجود الشوائب في المادة) .
٥. **الكثافة** :(كتلة المادة في حجم معين) .

وهذه الأمور يظهر الفارق في أدائها بشكل جلي وواضح في العبوات الكبيرة و العبوات ذات المهام الخاصة كعبوات الخرق مثلا .

ولأهمية موضوع إتقان التعامل مع سلسلة التفجير يجب معرفة ودراسة خواص هذه المتفجرات كما يجب أن نفرق بين أنواع المواد المتفجرة واستخداماتها ، وعلى وجه الخصوص بين المواد المحرضة (البوادئ) وبين المواد القاصمة (النصف حساسة وضعيفة الحساسية) فالـ :

المواد المحرضة :

تتأثر بالحرارة المنخفضة وتنفجر ، كما أن الغازات الناتجة عنها تتجه وتنتقل بعيدا عن السطح المتفاعل .

لذلك لاستخدام أي مادة متفجرة كمحرض لا بد أن تتصف بصفتين :

١. أن تتمتع بحساسية عالية عند تعرضها الى حرارة أو شعلة أو صدمة أو احتكاك .وهذا الشرط يتطلب استقرارا كيميائيا ضعيفا للمادة ، كما أن للمادة بنية جزيئية غير مستقرة.
٢. أن تكون صالحة لنقل الانفجار الى المتفجرات الملاصقة لها . وغالبا تحتوي البوادئ على معادن ثقيلة كالزئبق أوالرصاص ... الخ لتحضير أزيد الرصاص أو فولمنات الزئبق مثلا. ويعتبر وجود المعدن الثقيل في البوادئ مهم جدا لدوره الأساسي في نقل الانفجار إلى المتفجرات الأخرى ، حيث يمتص جميع الطاقة الحرارية الناتجة عن الانفجار ويزيد من الطاقة الحركية للجزيئات مما يسبب موجة صدم كبيرة ، ترفع حرارة المتفجرات القاصمة إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة بدء الانفجار لها .

المواد القاصمة :

لا تتأثر بالحرارة المنخفضة وتحتاج إلى صعقة قوية ، كما أن الغازات الناتجة عن عملية الانفجار تتجه وتنتقل إلى الداخل وبذلك تؤدي إلى تراكم وازدياد الضغط على السطح مما يؤدي إلى عمل صدمة قوية وبالتالي تأثير تدميري كبير .

ولفهم تأثير الانفجار فإننا نلخصه في ثلاث عبارات :

١. **حجم الغازات الناتج عن التفجير .**
٢. **سرعة هذه الغازات .**
٣. **درجة الحرارة الناتجة عن عملية التفجير .**

وبناءا على ما سبق وكذلك حجم التأثر المتوقع لها فانه يتم توظيف هذه المتفجرات بحسب نوع المواد المتوفرة والحاجة منها .

علاقات وقواعد مهمة في سلاسل التفجير يجب الانتباه لها عند توظيف المتفجرات :

- ❖ كلما زادت كثافة المادة (وزن حجم معين من المادة) كلما زادت قدرتها (قوتها الانفجارية) ، و زادت سرعتها والعكس صحيح .
- ❖ كلما زادت الكثافة قلت حساسية المادة – والعكس صحيح – ، لذلك فهي تحتاج إلى محرض (صاعق) قوي وعنيف .
- ❖ كلما زادت درجة نقاوة المادة القاصمة زادت حساسيتها إلى حد معين وهو عدم قدرتها للتحول إلى مادة حساسة ، والعكس صحيح .
- ❖ كلما كان البادئ (الصاعق) ضعيفا كلما ازداد صعوبة تحول المادة القاصمة إلى غاز خلال فترة قياسية ، وقد يتحول الانفجار إلى عملية سطحية يتحول فيها تفكك المادة إلى اشتعال ووميض .
- ❖ الحساسية مرتبطة بقدرة المادة على التحول إلى غاز وليست مرتبطة بسرعة تحولها إلى غاز .
- ❖ كلما زاد حصر المواد الشعبية (حتى نسبة معينة) زاد في سرعة الغازات الناتجة عن الانفجار مما يجعل الضغط الناتج عنها يزداد و الأثر التدميري لها يكبر .

<u>شروط ترتيب سلسلة التفجير (خط النار) :</u>

١. ترتيب وضع المواد وفقا لـ (الحساسية الأكثر حساسية أولا ، السرعة الأسرع أولا ، القدرة الأكثر قدرة أولا، النقاوة الأنقى أولا، الكثافة) ويكون الترتيب وفقا لتسلسل ذكر الخواص .

٢. يجب أن يكون ثلث المادة تقريبا في داخل المادة التي تليها ، وملامسة لها من معظم الاتجاهات .

٣. يجب مراعاة التجانس في الطبقة الواحدة للحشوة (كامل المادة المتفجرة) عند الترتيب حتى ولو كان من نفس نوع المادة ، فلا يصح خلط الـ TNT المطحون مع الصلب في نفس الطبقة مثلا .

٤. نوع وقدرة البادئ (الصاعق) يلعب دور رئيسي في عملية ترتيب المواد ويجب التنبه له جيدا ، فمثلا إذا كان لدينا صاعق ضعيف مثل بيرو كسيد الأستون (الثلج الأبيض) وTNT صلب وآخر مطحون ، فيجب ترتيب المواد كالتالي الثلج في البداية ومن ثم الـ TNT المطحون وبعده الـ TNT الصلب ، ولو عكسنا المطحون بدل الصلب فلن يحصل انفجار (فشل) .

وفي حين لو كان لدينا بادئ قوي مثل صاعق نظامي فان الـ TNT الصلب يأتي أولا يليه المطحون ، ولا يصح العكس لأنه لو عكسنا المطحون مع الصلب فسيحصل غالبا عجز في الانفجار . واختلاف النتيجة بسبب اختلاف قدرة الصاعقين .

٥. الحشوة المساعدة وهي مادة لها قدرة وسرعة عالية وحساسية أكبر تستخدم في تحريض وتفجير المادة الأقل حساسية، نسبتها في المادة القاصمة من (٢ إلى ٥) % ، ويتحدد نوعها وكميتها بحسب حساسية وحجم المادة القاصمة وكذلك على قدرة البادئ (الصاعق) ، – دور الحشوة المساعدة هو نقل وتضخيم الموجة الانفجارية لضمان انفجار كامل الحشوة الرئيسة– ، ويفضل أن يكون شكلها متناسب مع شكل الحشوة الرئيسة .

ملاحظة : كلما كانت قوة الصاعق أكبر وكذلك قدرة المادة المساعدة كان انفجار العبوة تام وكان تأثير المادة القاصمة (الأساسية) أكبر .

ولسهولة التعامل مع سلاسل فإننا نقوم بترتيبها بالمجمل وفقا للقواعد التالية :

١. قدم المواد العسكرية النظامية على المواد الشعبية .
٢. استخدم المواد البادئة النظامية في حال وجود مواد نظامية عسكرية .
٣. في المتفجرات القاصمة قدم المواد العجينية (البلاستيكية) على المواد الصلبة .
٤. في وجود الصاعق الضعيف قدم المواد البودرية الشكل على المواد الصلبة .
٥. في وجود صاعق ضعيف ومادة قاصمة ذات كثافة عالية (صلبة) ، قم بطحن جزء من المادة القاصمة لتقوم بدور الحشوة المساعدة وبنفس نسبة الحشوة المساعدة .واحرص أن تكون المادة المطحونة ملامسة للمادة القاصمة في وسطها وعلى كامل طولها ما أمكن .

ثلج أبيض TNT مطحون TNTصلب

٦. في المتفجرات (التصنيع الشعبي) قدم المتفجرات التي تحتوي على بودرة الألمنيوم .
٧. في المتفجرات الصلبة الضعيفة الحساسية (التصنيع الشعبي) في وجود صاعق ضعيف قم بطحن كامل المادة لضمان انفجار كامل لها ، واحصرها في وعاء معدن سمكه من ٠,٥ إلى ٢ سم بحسب كمية المادة للحصول على قوة أكبر للمادة .
٨. احرص على عدم إطالة سلسلة التفجير (خط النار) في المواد القاصمة لتجنب حدوث خلل ، والجأ لذلك عند الحاجة فقط .

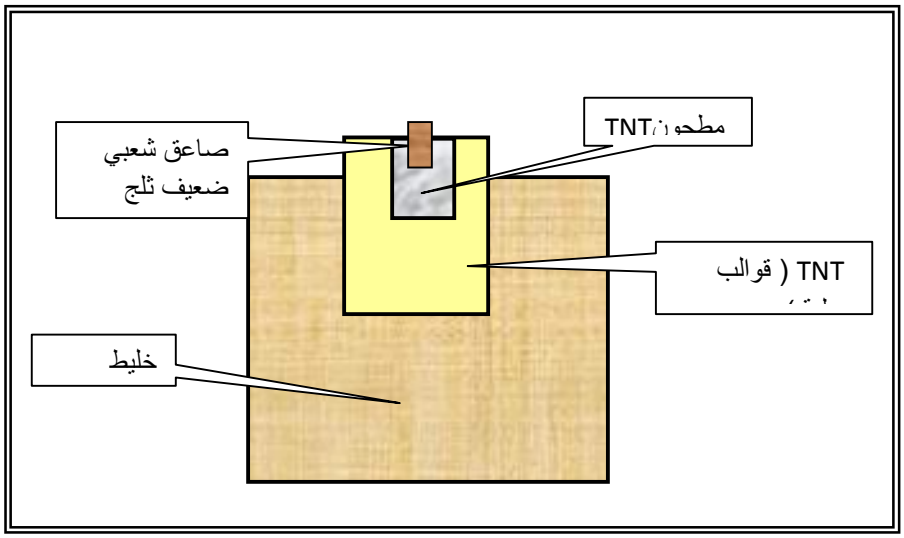
مثال على توظيف سلسلة التفجير :

توفر لدينا صاعق شعبي (ثلج أبيض) ، متفجرات شعبية الآنفو (سماد نترات الأمونيوم + زيت سيارات محروق ١:٩) ٥٠ كجم ،TNT صلب ١٠ كجم ، C4 ٥كجم . رتب المواد وفقا لقواعد سلاسل التفجير ؟

الحل :

بما أنه لدينا صاعق ضعيف (ثلج أبيض) ومادة شعبية متوفرة وضعيفة الحساسية ، وبما أن TNT و C4 شحيح فاننا نقوم بالتالي :

١. طحن كامل المادة الشعبية جيدة .
٢. سنحتاج الى ٢,٥ كجم من TNT ، نقوم بطحن قالب من TNT أو ٣٠٠ غم منه .
٣. نضع الصاعق داخل بودرة TNT ونضعهما في وسط TNT الصلب مع التثبيت الجيد لهم ومن ثم وضعهم في منتصف الثلث الأول لخليط الأنفو .
٤. وضع خليط الآنفو في وعاء معدني .
٥. نرتبها ونضعها كما في الرسم .
٦. توفير الكمية الباقية من TNT و C4 .



٧. يجب فحص المشعل عمليا لمعرفة قدرته على الإشعال ، وكذلك لمعرفة كمية الفولت (البطارية) الذي يحتاجه السلك كي يتوهج وينقطع .

تجهيز صاعق الثلج الأبيض :

١. نحضر الثلج الأبيض ونتأكد من جفافه عن طريق وضع ملعقة منه في داخل كيس جاف ونحرك داخل الكيس فان لم يعلق منه شيء فيكون الثلج جافا ، أو يمكن تجريب كمية قليلة منه (١) غم مع المشعل أعلاه عن بعد ، يجب أن ينفجر بصوت مرتفع وليست هبة نار .

٢. نقوم بوزن (٥) غم من الثلج الأبيض ووضعه في داخل قطة النايلون الرقيقة وغمس المشعل الذي قمنا بإعداده في وسط مادة الثلج الأبيض ثم نقوم بتثبيته باللاصق الكهربائي من الأعلى كما فعلنا بالمشعل ،

٣. نتأكد من سلامة التوصيل عن طريف فحصه بجهاز لقياس المقاومة .

المشعل لحظة الإشتعال

مكان وضع الصاعق :

يشترط في تثبيت الصاعق للحصول على أعلى دقة في التوجيه أن تتصف بالشروط التالية :

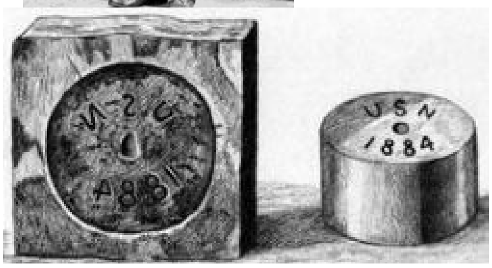
١. التأكد من سلامته من الناحية الأمنية (فخ) ، ومن الناحية الفنية الشكل الخارجي وفحصه بجهاز لقياس المقاومة .
٢. أن يثبت في منصف الثلث الأول للمادة المتفجرة تقريبا أو أقل بقليل .
٣. أن يكون متعامد على منتصف مركز المادة المتفجرة .
٤. أن يكون متعامد على منتصف المنطقة القاتلة للهدف .
٥. أن يكون محاطا بالمادة المتفجرة وملامس لها .
٦. أن يكون مثبت جيدا في المادة المتفجرة ، دون تعريضه إلى الضغط أو الاحتكاك ، المقصود لا يسهل خروجه أثناء الإعداد أو النقل أو الزرع أو يتغير اتجاهه خصوصا في المتفجرات العجينية .
٧. يفضل دائما استخدام صاعقين على التوازي لكل عبوة .
٨. **في حال استخدام أكثر من صاعق للعبوة الوحدة أن يراعى فيها أن تكون :**
   - الصواعق لحظية(غير مكتوب على كعب الصاعق شيئ – ٥ – st) .
   - أو تأخيرية بنفس الأرقام كلها رقم ٤ مثلا.
   - أو في حال الاضطرار لاستخدام صواعق تأخيرية مختلفة فيجب أن تكون متلاصقة بحيث إذا انفجر صاعق يفجر الآخر .
   - أن يكون توزيعها مناسبا لشكل العبوة والهدف منها .

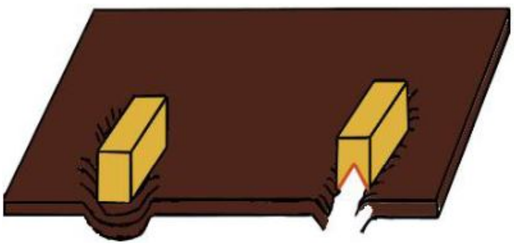
وسنفصل في هذا الموضوع حين الحديث عن العبوات وشروط التحكم فيها

الموجــة الإنفجاريــة

مقدمة ونبذة تاريخية :

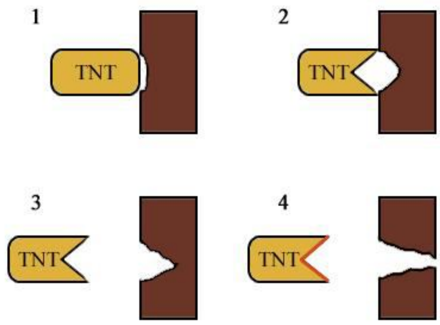
كما هو معلوم أن علم المتفجرات توسع وتنوع بعد اكتشاف الموجة الانفجارية ودراسة خواصها ، وكان ذلك قدرا من قبل العالم الأمريكي (تشارلز مونرو) في مركز الأبحاث بنيويورك وذلك عام ١٨٨٨م حيث لاحظ عند تفجير البارود القطني داخل قالب محفور علية (USN 1884) اسم المتجر وتاريخ صنع القالب ترك أثر على الجسم الملامس للقالب محفورا علية نفس الأحرف ، وقد عرف هذا الاكتشاف في حينها بظاهرة (مونرو) و USN اختصار لكلمات الاسطول البحري الامريكي و١٨٨٤ هي تاريخ انتاج قالب البارود القطني وتوالى بعدها تطوير هذه النظرية حيث اكتشف العالم الالماني ايغون نيومان عام ١٩١٠ ان TNT لو وضع على شكل مخروطي يمكنه اختراق الحديد بشكل أفضل عما لو كان بلوك مستطيل وكما يظهر في الصورة عندما وضع بلوك مستطيل وتم تفجيره أثر بانبعاج في الحديد فقط اما عند وضع بلوك على هيئة مخروط فتم تقطيع الحديد ، وتم إدخال هذه النظرية لأول مرة في الاستخدام العسكري عام ١٩٢١م من قبل الألمان عندما استخدموا الحشوة الجوفاء وكانت في حينها على شكل قلنسوة وفي عام ١٩٣٥م قام المهندس السويسري هنري موهابت بالعمل على أسلحة مضادة للدروع تستخدم للمشاة وتوصل عام ١٩٣٩م الي استخدام معدن كبطانة لعبوة الخرق وتوصل ايضا الي مسافة المباعدة اللازمة لملية الانفجار وتسمى بالانجليزية STAND-OFF DISTANCE وفي عام ١٩٤٠ توجه السويسري المذكور لأمريكا وبلغهم بالاكتشاف وبدءوا بعمل أول سلاح مضاد للدروع يعمل على المفاهيم السابقة وهو البازوكا.





والتجارب التي قام بها المذكور كما بالصور وهي تفجير اسطوانة من مادة TNTضد قطعة حديد صلبة ومن ثم تفجير اسطوانة فيها تجويف بدون مسافة ومن ثم تفجير أخرى بمسافة لتتشكل الموجة والاخيرة تفجير اسطوانة بتجويف ومبطنة بمعدن النحاس مع مسافة لتتشكل الموجة

فتبين ان انفجار عبوة خرق موجهة ذات حجم معين من مادة متفجرة يساوي ١٠ أضعاف هذه المادة في عبوة غير موجهة .



وفي عام ١٩٤١ صمم الامريكان الصاروخ المعروف باسم بازوكا واستخدم في الحرب ضد الالمان بكثرة.

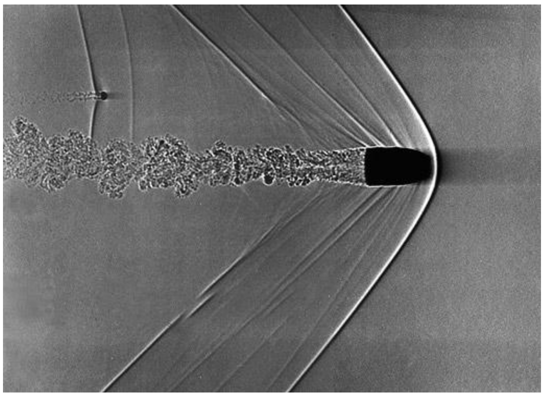
وكانت بريطانيا تعمل عام ١٩٤٠ على انتاج أول عبوة خرق وبالفعل قامت بتصنيع اول قنبلة طلق من خلال كأس حديدي في مقدمة بندقية ولكن بدون مسافة المباعدة وتعتبر هي او سلاح يستخدم ضد الدروع وكانت تخترق ٥٠ ملم في الحديد وتحتوي على ١٥٦ جم من خليط البنتوليت وتنفجر عند اصطدامها بالدبابة

وأكبر عبوة خرق تم صناعتها في العالم كانت في الحرب العالمية الثانية على يد ألمانيا وكانت تسمى ميستيل وهي عبارة عن طائرة قاذفة المانية ضخمة وتم تحويرها الي عبوة ضخمة تحتوي على ١٧٢٠كجم متفجرات وكانت تخترق ٧م في الحديد و ٢١ م في الباطون المسلح ، وقطر المخروط فيها ٢م وسمكه ٣٠ ملم وزاويته ١٢٠ درجة

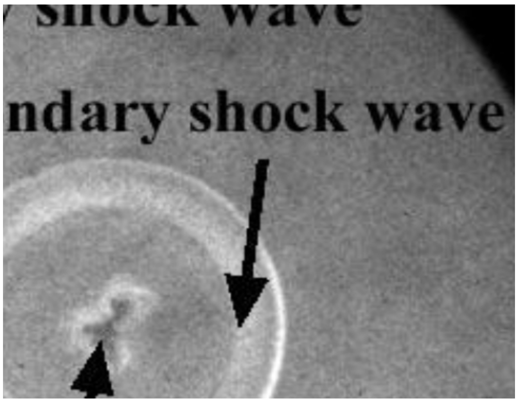
و هذا الاكتشاف اكتشاف الموجة الانفجارية أدى إلى استثمار عملية الانفجار وتكييف المواد المتفجرة كي تتلاءم مع تحيق الهدف المحدد لها بأقل حجم وأثر فاعلية.

صور لبعض الموجات الانفجارية وأنواعها

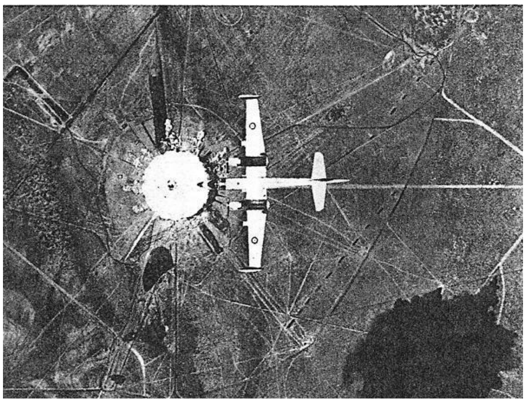
موجة انفجار دائرية متشكلة على سطح المحيط
تولدت من اطلاق القذائف من المدافع العملاقة



موجة انفجار تشكلت في الهواء من اطلاق رصاصة



تصوير موجة انفجار مادة ازيد الفضة
اخذت بعد ١٥٦ مايكروثانية من بداية الانفجار



تشكل موجة نتيجة انفجار قنبلة اسقطت
من الطائرات في الحرب العالمية الثانية

موجة انفجار لقذيفة من TNT

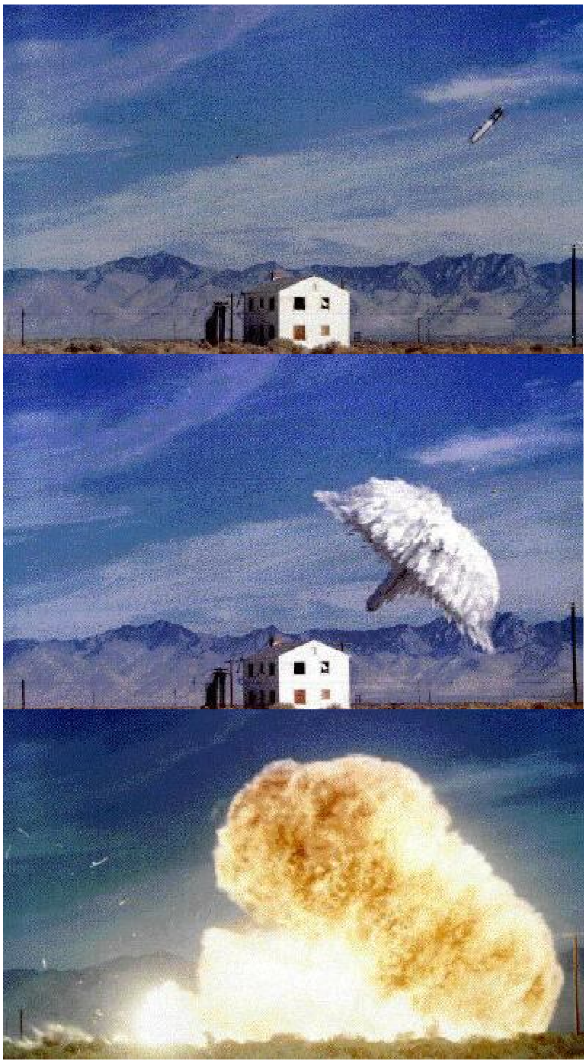
موجة من الطائرة لتخطيها سرعة الصوت
وتظهر بهذا الشكل في ظروف الجو البارد

ومن أنواع الانفجارات وموجاتها

الانفجار الفراغي الحراري أو انفجار خليط الوقود والهواء

ويتكون من غبار مواد مشتعلة سواء كانت (صلبة او سائلة او غازية) في الهواء وبوجود الهواء الذي يحتوي على الاكسجين يكتمل كل متطلبات الانفجار، فعند اعطاء اشارة يحدث الانفجار وهو عبارة عن انفجار خاص يحدث في المناجم كثيرا

فموجة الانفجار الذي يسببها TNT تكون قصيرة نسبيا في حين موجة الانفجار التي تنشأ من الانفجار الهوائي الوقودي تكون طويلة، بمعنى ان الطور الايجابي في الانفجار الهوائي الوقودي يكون اكبر من الطور الايجابي في المتفجر العادي مثل TNT، والسرعة الانفجارية في الهواء الوقودي تقريبا ٣٥٠٠ م/ث في حين ان درجات الحرارة تكون ضعف المتفجرات التقليدية تقريبا وهذا الانفجار يكون فعال جدا في الاماكن المغلقة نسبيا اما في الاماكن المفتوحة تقل قوته نتيجة تشتت غازات الوقود في الهواء فيتم قتل الكائنات الحية نتيجة حرارة الانفجار العالية وفقد الاكسجين في مكان الانفجار.



مراحل انفجار قذيفة فراغية حرارية

وهنا مقارنة بين انفجار تقليدي وانفجار فراغي حراري

ويظهر هنا في الصورة موجة انفجار نووية في تجربة فرنسية لرأس TN- 60 والذي يعادل ٩١٤ كيلو طن من TNT عام ١٩٧٠م

إذن فالموجة الانفجارية هي:

هي الغازات الناتجة والمتشكلة عن الانفجار والتي تؤدي إلى انقطاع وخلل مفاجئين في الخصائص الفيزيائية للمحيط نتيجة السرعة القصوى التي يتم بها التفاعل الإنفجاري وما ينتج عنها من (صدمة ، ضغط ، درجة الحرارة ، ....).

إن أساس هذه العملية هو التحلل الشديد لكمية صغيرة من المادة المتفجرة خلال فترة زمنية قياسية بواسطة صدمة موضعية أو نتيجة التسخين السريع حتى تصل إلى نقطة التحلل اللحظي، يتولد عنه كمية كبيرة من الغازات والحرارة والضغط تؤثر على الطبقات المجاورة للمادة المتفجرة وكأنه صدمة جديدة تكرر العملية ذاتها على بقية أجزاء المادة المتفجرة والموجودة بالقرب من مركز الانفجار ، تؤدي إلى انفجار كامل المادة ، وتسمى هذه العملية بالتفاعل ذاتي الانتشار .

إذ يكون التفاعل ذاتي الإنتشار عندما تساعد الطاقة الناتجة عنه على إستمراريته دون الحاجة إلى طاقة خارجية حيث التفاعلات الإنفجارية تبدأ بمؤثر خارجي لكنها تستمر بفعل الطاقة المنبعثة منها .

أهمية دراسة الموجة الانفجارية :

ولمعرفة أهمية دراسة الموجة الانفجارية نذكر ببعض الفوائد :

١. تمكن من استخدام وتوظيف المتفجرات لمختلف الأهداف وملاءمتها للهدف (أفراد ، آليات ، منشآت) بمختلف الظروف .
٢. الحصول على خصائص مناسبة للمادة المتفجرة عن طريق تصنيعها أو عمل الخلائط المناسبة لتلائم الهدف .
٣. تشكيل العبوات .
٤. توجيه الانفجار.
٥. دراسة أثر الانفجار قبل حدوثه .
٦. تحليل أثر الانفجار بعد وقوعه .

العوامل التي تؤثر على تولد الموجة الإنفجارية مرتبطة بـ :

١. **الصدمة الأولية** :وقد تكون بأحد الطرق التالية وتسمى بالمحرضات الخارجية :

الحرارية : قد تكون مباشرة كالشعلة وغير مباشرة كالتسخين .

ميكانيكية : (الطرق – الاحتكاك – الوخز – الضغط) .

كيميائية : تفاعل بين مادتين (كإضافة مادة حمض الكبريتيك المركز إلى مادة بيرو كسيد الأسيتون _ ثلج أبيض – مما يؤدي إلى انفجار فوري .

كهربائية : كإيصال مصدر كهربائي إلى سلك تنجستون ملامس لمادة حساسة مما يؤدي إلى انفجار المادة وقد تكون أيضا تفريغ مفاجأ لشحنة كهربائية وينتج عنها شرارة كهربائية .

الموجة الانفجارية : هي الغازات الناتجة عن الانفجار والتي تشكل الصدمة الانفجارية لما حولها مصحوبة بخصائص هذه الموجة كما سيأتي تفصيلها.

الصدمة الحرارية : وهي عملية تسخين المادة ومن ثم تبريدها فجأة أو العكس .

٢. **حساسية المادة المتفجرة** : مدى استجابة المادة المتفجرة للمحرض الخارجي ، حيث نجد ان مادة TNT خاملة وليس من السهل انفجارها بالمقارنة مع المواد الحساسة فاي صدمة بسيطة لها تؤدي لتولد موجة انفجارية.

٣. **السرعة الهائلة للتفاعل** : سرعة انتقال الموجة الانفجارية داخل المادة أو سرعة تحول المادة إلى غاز. حيث أن سرعة الموجة الإنفجارية المنتقلة خلال المادة (٢٠٠٠ – ٩٠٠٠ م/ث) فتتجاوز سرعة الموجة الانفجارية سرعة الامواج الصوتية فتضغط الهواء بشدة محدثة دوياً عالياً

العوامل التي تؤثر على شكل الموجة الإنفجارية ترتبط بـ :

١. نوع وشكل المادة المتفجرة .
٢. سرعة إنتقال الموجة الإنفجارية بين (المحرض والمادة او المحرض والمادة المساعدة والمادة الرئيسية أو بين المادة والمحيط).
٣. نوعية الصاعق ومكان وضعه .
٤. شكل الحاجز بين المادتين الانفجاريتين أو بين المادة المتفجرة والمحيط .
٥. نوعية الحاجز او الكابح (النوع ، الحالة ، الحجم ، السماكة ، المسافة بينه وبين المادة ،الشكل ..) .

خصائص الموجة الانفجارية :

١. تخرج على شكل موجات :

هذا ما نلحظه في المحيط الذي تكون جزيئاته قابلة للإنضغاط مثل الهواء والماء ، ويمكن تشبيه ذلك بالحجر الذي يسقط من أعلى في الماء سقوطا حرا .

فكلما كان الحجر كبير كانت الحلقة الأولى من الموجة صغيرة نسبيا والمسافة بين الحلقات الأخرى كبيرة ، وإذا ما قذفنا نفس الحجر من نفس الارتفاع ولكن بسرعة أكبر فإننا نشاهد أن الحلقة الأولى كبيرة والمسافة بين بقية الحلقات الأخرى صغيرة .

سقوط نفس الحجر في الماء ببطء

سقوط حجر في الماء بسرعة

انفجار رأس نووي قدرته ٢٠ كيلو طن من TNT في عمق مياه ٧٠ متر

٢. تضمحل وتتلاشى :

عند حدوث الانفجار فان أقوى نقطة لأثر التفجير تكون في مركز الانفجار وكلما ابتعدنا عن المركز نلحظ ضعف التأثير ، مما يؤدي هذا التفاوت إلى تشكيل حلقات حول مركز الانفجار تختلف في تأثيرها على المحيط .

فالحلقة الأولى تمثل دائرة الصعق بالنسبة للمتفجرات وفي الغالب نشاهد أثر لانصهار جزء من المعدن المتواجد في المحيط وانصعاق أي مادة تقع ضمن هذه الدائرة **ويسمى مدى الصعق أو مدى التخريب الكامل .**

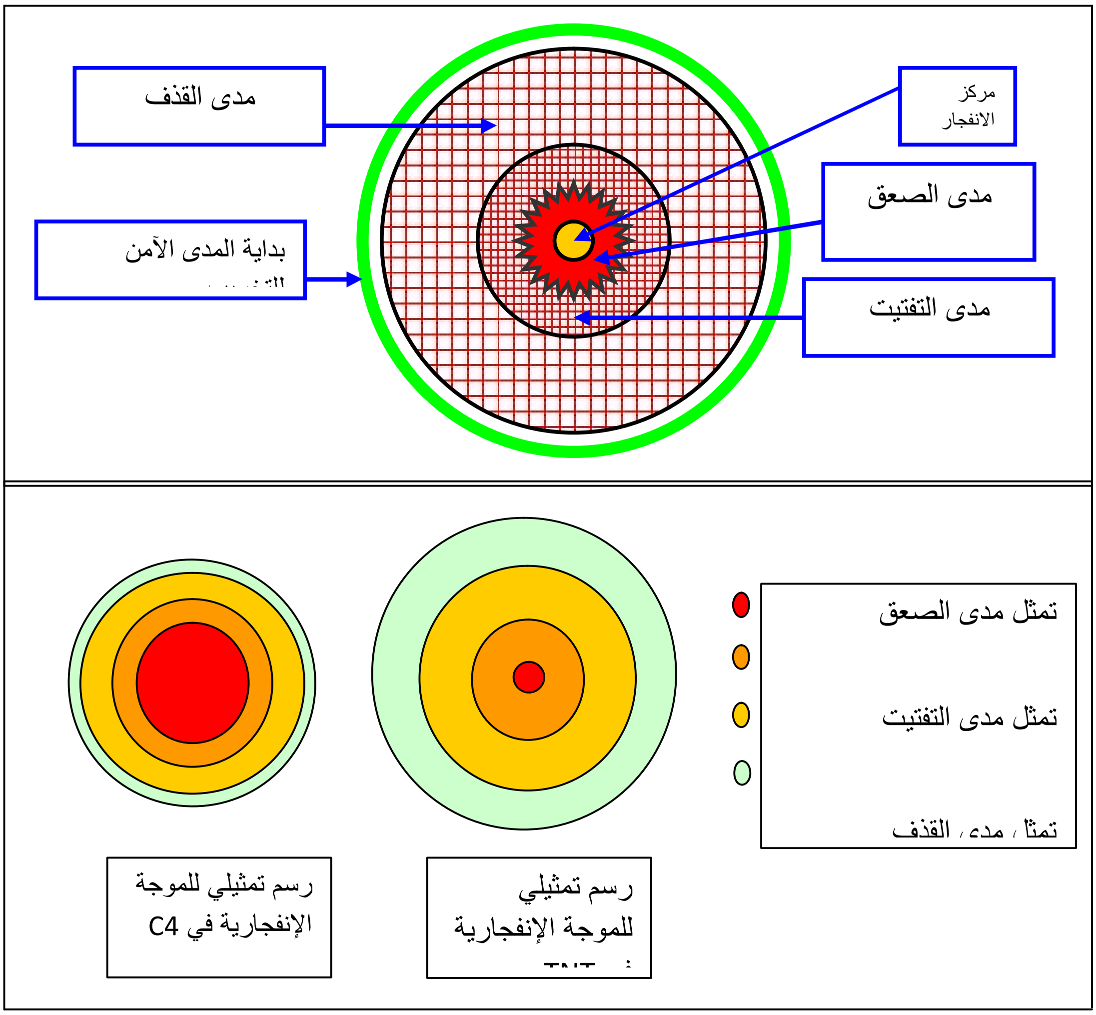
وفي الحلقة الثانية التي تمثل دائرة التفتيت نلاحظ أن الأجسام الموجودة في هذه الدائرة تكون مجزأة و مقذوفة **ويسمى مدى التفتيت .**

بينما في الحلقة الثالثة نلاحظ أن الأجسام محافظة على شكلها إلى حد ما ومقذوفة بعيدا عن مركز الانفجار **ويسمى مدى القذف .**

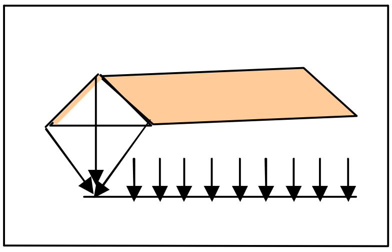
بعد ذلك لا نلحظ أي أثر للانفجار بمعنى أثر الموجة الانفجارية عندها = صفر **ويسمى بالمدى الآمن للتخريب .**

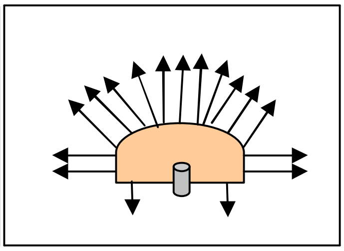
علما أن هذه الحلقات تتشكل في اللحظة الأولى للإنفجار ويتفاوت شكل هذه الحلقات بحسب المادة المتفجرة (حجم ، نوع ، سرعة) .

وكلما كانت المادة بطيئة كان تأثيرها التدميري أكبر في الوسط المحي لانها تسمح لتردد الموجة أن يؤثر مدة أكبر في الهدف اما لو كانت المادة سريعة كان تأثيرها الصعقي او القطعي أكبر في الوسط المحيط فخلائط نترات الامونيوم وTNT يفضل استخدامها في تدمير المنشآت والحفر بينما C4 تستخدم في قطع المعادن وفي العبوات ذات الشظايا لاكسابها سرعة أكبر وكحشوات مساعدة لسرتها وكبر حجم دائرة الصعق لها ولتقريب الصورة نلاحظ عند قذف حجر على زجاج فانه يهشمه ويحطم جزء كبير منه بينما عند اطلاق رصاصة فانها تثقبه ولا تهشمه

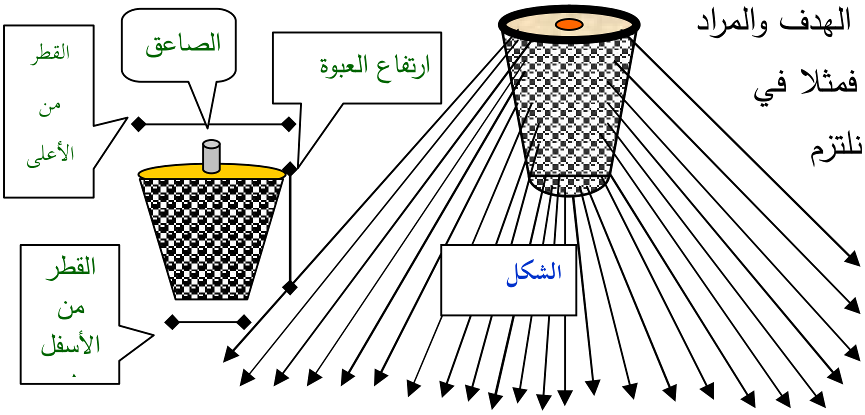


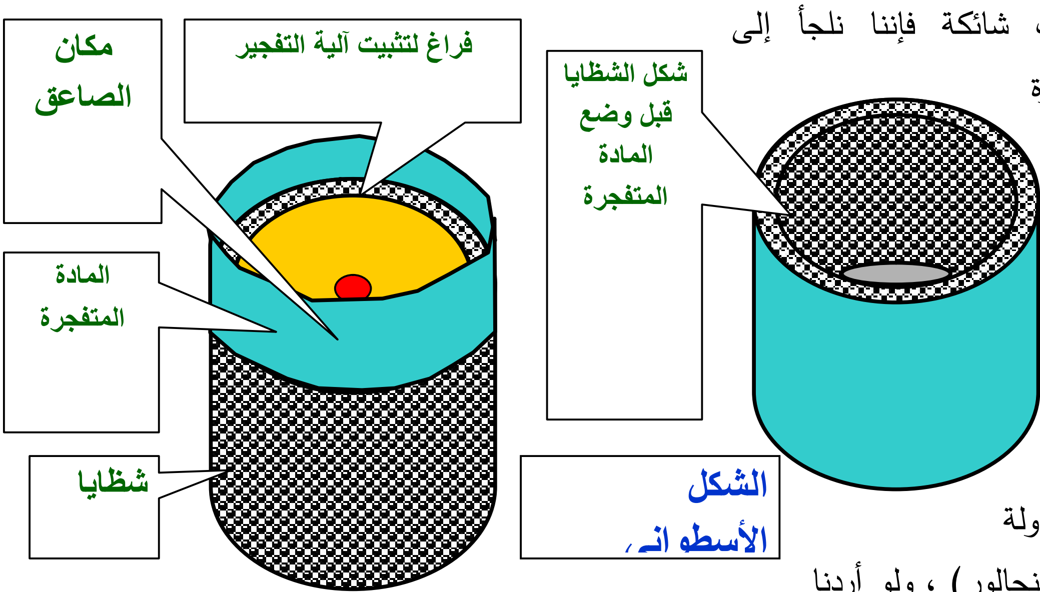
٣ . تخرج بشكل متعامد عن سطح المادة المتفجرة :-

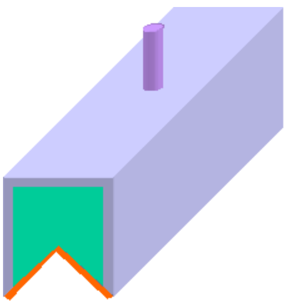


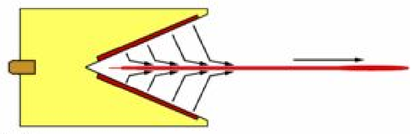


عند تشكيل المادة المتفجرة بعدة أشكال فإننا نلاحظ أن الموجة الانفجارية تتشكل بتشكل المادة ، ولذلك تتنوع الأشكال بحسب الهدف والمراد من عملية التفجير ، فمثلا في عبوة الخرق فإننا نلتزم بالحشوة الجوفاء مخروطية الشكل ، ولو أردنا فتح ثغرة في حقل ألغام أو أسلاك شائكة فإننا نلجأ إلى الحشوة المتطاولة (لغم بنجالور) ، ولو أردنا تفجير عبوة متشظية في وسط مارة فانه يفضل اللجوء إلى العبوة الاسطوانية الشكل.. وهكذا فلمعرفة أثر انفجار أي عبوة نتخيل أننا نقوم بعملية تكبير لنفس شكل العبوة وهذا الأمر نلحظ أثره على مسافة أبعد قليلا من مركز التفجير ولا سيما عند استخدام الشظايا أو حشوات القطع والخرق ، لأن مركز الانفجار القريب يكون على شكل حلقة تقريبا. **في الصورة المقابلة تشكيل موجة الانفجار باتجاه الهدف بعبوة** الخرق









شكل انتشار انفجار الحشوة المتطاولة (لغم بنجالور)

شكل انتشار انفجار الحشوة المتطاولة (لغم بنجالور)

عبوة طولية تستخدم لقص الجسور

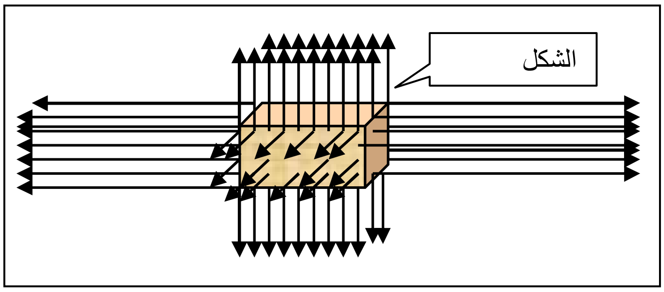
بنجالور طوله ٢٠ متر

الموجة الانفجارية تخرج متعامدة على سطح البنجالور

آثار الموجة الانفجارية على الأرض

٤. تتناسب طرديا مع حجم المادة المتفجرة :

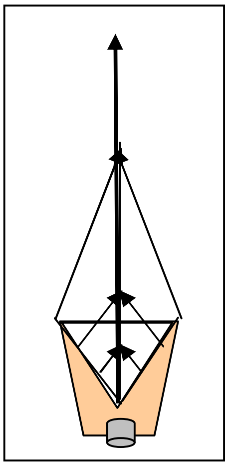
أي كلما زادت سماكة أو طول أو عرض أو قطر .. المادة المتفجرة زادت قوة ومدى الموجة الانفجارية بالاتجاه الذي تكون فيه المادة أكبر .



علما أنه إذا كان سطح المادة المتفجرة عريض وليس لديه سماكة مثلا فإننا سنلحظ حجم التأثير على مساحة الهدف أكبر ولكنه ضعيف وليس عميق كما هو موضح في الشكل التوضيحي .

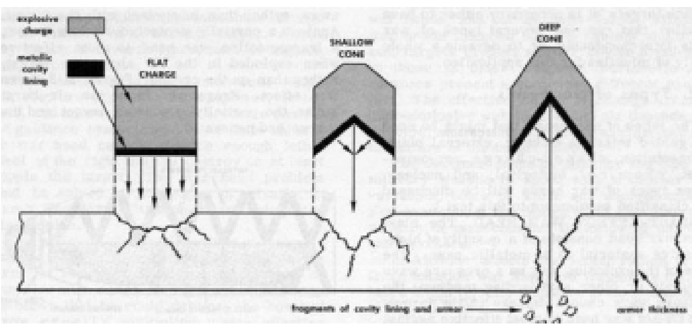
بمعنى آخر إذا أردنا دفع الشظايا لمدى أبعد فعلينا أن نسمك المادة المتفجرة خلفها بالقدر الذي يحافظ على شكل الشظية ولا يفتتها . وإذا أردنا تدمير هدف فيجب علينا مراعاة شكل الهدف وحجمه لاختيار الشكل والحجم المناسب للمادة المتفجرة اللازمة لتدميره أو إعطابه .حيث نلاحظ اختلاف أثر كمية محددة من المادة المتفجرة على هدف معين باختلاف شكلها .

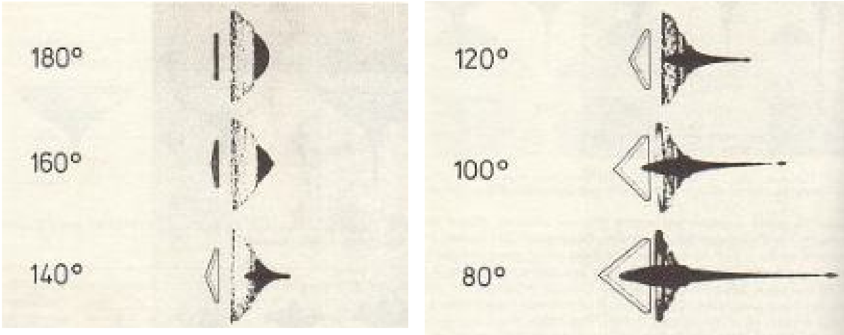
٥. تتقوى :



بمعنى أن الموجة الانفجارية تتعاضد مع موجة أخرى لتتضاعف بذلك قوتها عند توجيهها على نقطة محددة .

ونلحظ ذلك جليا في عبوات الخرق حيث أن الموجات تتعاضد لتتقوى مما يؤدي إلى زيادة التأثير على الهدف وتعميق الخرق فيه ، علما أن تفجير نفس الكمية من المادة دون الاستفادة من هذه الخاصية لا يكاد يحدث أي أثر يذكر في التصفيح . ونلحظ أثر ذلك أيضا في سلسلة التفجير عند استخدام أكثر من مادة في عبوة واحدة فعند عدم مراعاة قواعد سلسلة التفجير فان اختلاف سرعات المادة يؤدي إضعاف الموجة في حين مراعاة القواعد يعني زيادة قوة الموجة الانفجارية ، واليكم هذه الصور التي توضح كيف تكون قوة الموجة حين تتقوى بموجة اخرى ونستطيع الاستفادة منها في تصغير زاوية قمع التوجيه وذلك حتى تتلاقى الموجات على فتتقوى





٦. تتكسر :

عند اصطدام موجتين انفجاريتين متضادتين فإنهما يضعف كل منهما الآخر . وكأي خاصية يمكن أن توظف للاستفادة منها ايجابيا وتجنب السلبيات .

مثلا فعند تفجير عبوتين متماثلتين (لهما نفس المواصفات) باتجاهين متضادتين على بعد مسافة متساوية من الهدف فان منطقة التقاء الموجتين تشكل قمة العصف الموجي ويكون فيها التأثير التدميري أقوى ما يكون ، ويستفاد من ذلك في الاغتيالات أو تفجير عبوات كبيرة عن طريق وضع صاعقين متضادين ، أو توجيه الموجة الانفجارية كما في العبوة الاسطوانية عند وضع صاعقين متضادين طوليا مما يؤدي إلى توجيه الموجة الرئيسي باتجاه أفقي بدل أن يكون عامودي وهكذا .

٧.العدوى :

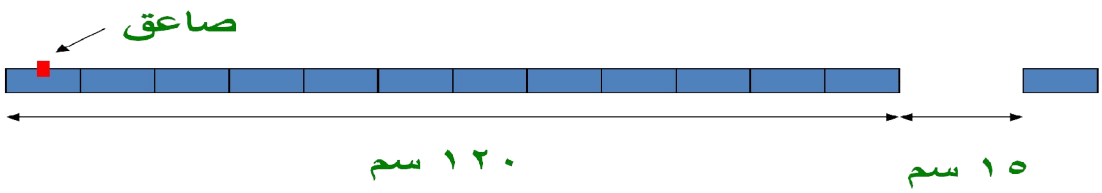
هو إنصعاق مادة متفجرة نتيجة وقوعها في مدى الصعق لمادة منفجرة . حيث أنه في اللحظة الأولى تبدأ بتشكل عدة دوائر مختلفة التأثير نتيجة تناقص قوة الضغط الناتج .

لذا لحصول العدوى يجب أن تكون الصدمة الانفجارية الناتجة عن الإنفجار كافية لتوليد الطاقة الكافية لبدء الإنفجار وجعله ذاتي الانتشار . وكما أسلفنا أن توليد الموجة الإنفجارية يعتمد على الصدمة الأولية ، حساسية المادة المتفجرة ، سرعة الانفجار الداخلية والخارجية ، المسافة بين المادتين ، ونوع الوسط .

علما أنه يمكن تفجير مادة تبعد عدة أمتار عن مادة منفجرة بواسطة تركيز وتوجيه الموجة الانفجارية .

ولا يشترط في العدوى أن تكون هناك مادتين مختلفتين ومسافة بينهما ، بل يمكن أن تكون من نفس المادة حيث أن الانفجار في المادة الواحدة هو انفجار تدريجي سريع فإذا كان هناك أي شائبة كرطوبة أو عدم انتظام في سلسة التفجير وغيرها من العوامل يمكن لجزء من المادة أن لا ينفجر وبذلك لا تتحقق مسألة العدوى في نفس المادة ويتضح هذا الأثر جليا في العبوات الكبيرة .

تم تجربة تفجير خط من قوالب TNT بطول (١٢٠)سم من بواسطة صاعق نظامي خط طولي ١٢ قالب ووضع قالب منفرد على بعد ١٥ سم من رأس الخط وعلى نفس المسافة قالب اخرمنفرد على جانب الخط فانفجرت جميع القوالب .



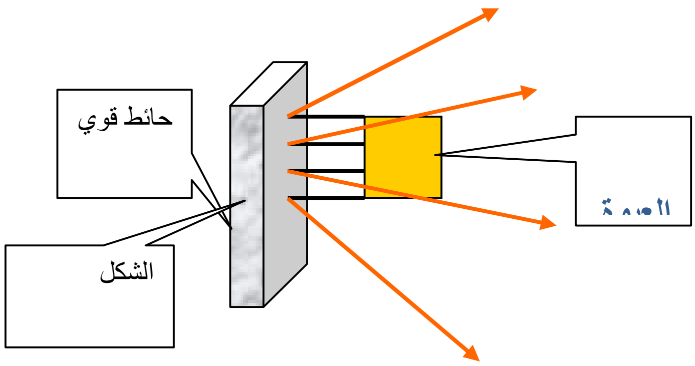
٨. **الإنعكاس** :

ونقصد به ارتداد الموجة الإنفجارية عن سطح ما ويعتمد إنعكاس الموجة الإنفجارية على ثلاث عوامل رئيسية :

١. **العبوة** : فبحسب نوع وشكل وتوجيه.....العبوة يحدد مدى قوة وتركيز الموجة وبالتالي يحدد حجم التأثير و الإرتداد.

٢. **الوسط** : بحسب نوع الوسط صلب ، سائل ، غاز ، حجم الإغلاق أو الحصر والمسافة بين العبوة والهدف يحدد حجم التأثير والإرتداد أيضا .

٣. **الهدف** : كذلك بحسب طبيعة الهدف (أفراد – آليات – منشآت) ونوع ، شكل ، سماكة .... يحدد حجم التأثير والإرتداد.



الانعكاس بمفهومه العام ارتداد جزء من الموجة عن سطح ما بمعنى ضياع جزء من الموجة أي أن النتيجة سلبية ، ولكن إذا علمنا كيفية توظيفها فإنها تتحول إلى خاصية ايجابية يستفاد منها في زيادة تأثير الإنفجار ، كالإستفادة من الإنفجار في حيز مغلق وذلك للإستفادة من تضاغط الهواء الموجود ، وكذلك الإستفادة من الطاقة المرتدة والمحصورة داخل هذا الحيز بدل أن تتبدد في الهواء.

وعند سماع أن زجاج مبنى معين على مسافة كذا قد تحطم فان ذلك يكون غالبا ناتج عن انعكاس الموجة الانفجارية وتضاغط جزيئات الهواء.

٩. **لديها قابلية التشكل والتوجيه** :

الموجة الإنفجارية وكأي موجة يمكن لها أن تشكل وتوجه بحسب شكل المادة المتفجرة ومكان توضع الصاعق كعاملين رئيسيين ، وبناءا على هذين العاملين يمكننا التحكم بشكل الموجة الانفجارية الناتجة وبالتالي التحكم في وظيفة هذه العبوة بالإستفادة من هذه الخاصية والخواص السابقة . كما سنأتي إلى دراسة أشكال هذه العبوات وكيفية عملها بالتفصيل إن شاء الله .

العوامل المؤثرة على قوة الموجة الانفجارية :

تأثير الموجة الإنفجارية على المحيط :

إن التأثيرات التي يعانيها وسط مقاوم عندما تعمل فيه المتفجرات هي التفتيت و النزع والقذف. وهي نتيجة تأثير ضغط الغازات وضغط الصدمة التي تتولد عن الموجة الإنفجارية.

فالغازات الناتجة عن الإنفجار تتمدد بسرعة كبيرة بتأثير الحرارة العالية المرافقة لها ، ونظراً للوقت القصير الذي يتم فيه التمدد فإن الغازات تندفع في جميع الإتجاهات بضغط كبير مسببة صدمة قوية مفاجأة لذرات الوسط المجاور .

بالإضافة إلى تأثير ضغط الغازات ، فإن ضغط الموجة الإنفجارية يكسبان ذرات الوسط المحيط سرعة إبتدائية كبيرة ينتج عنها إنفصال الذرات مسببة التخريب.

إن التأثير التدميري الكبير للإنفجار تحت الماء ناتج من جهة عن إنتقال جزيئات الماء من جراء التولد العنيف للغاز تحت ضغط عال ومن جهة أخرى تحت تأثير ضغط الموجة الإنفجارية . ويقدر الضغط في الماء عشرات المرات عنه في الهواء على نفس المسافة وذلك نتيجة عدم قابلية الماء للإنضغاط.

العوامل المؤثرة في قوة الموجة الانفجارية وسبل توظيفها :

حيث أن هناك عدة عوامل تتعلق بزيادة قوة الموجة الانفجارية

أولا : التأثير على الشروط الابتدائية .

ثانيا : التحكم بشروط العبوة وظروفها الخارجية (الوسط–الهدف) .

أولا : التأثير على الشروط الابتدائية :

إذا أثرنا على الشروط الإبتدائية (حرارة، الضغط، التركيز...) أمكننا توجيه الإجراء حسب رغبتنا معدلين سيره بشكل ينتج معه إحتراق أو إنفجار وبخصائص مختلفة وقد تحدثنا عنها سابقا

١. النسبة المئوية للمكونات في الخليط :

إن التركيب الكمي للخلائط المتفجرة هو عامل يؤثر في سرعة التفاعل (غاز الميتان والهواء في المناجم مثلا). فعندما تكون جزيئات الوقود منتشرة ومفصولة بالعديد من الجزيئات الأخرى عن الأكسيجين فإن الإحتراق أو الإنفجار لا يمكن أن ينتشر إلا بصعوبة كبيرة وببطء يستحيل معه تشكل الموجة الإنفجارية. أما إذا كانت جزيئات الوقود كثيرة جداً فإن جزيئات الأكسجين تكون بعيدة بعضها عن بعض ويكون الإحتراق بالتالي بطيئاً وغير تام لنقص في الأكسجين الملامس مباشرة لأغلب جزيئات الوقود.

لذلك لا يمكن أن يتم إنتشار الإحتراق بسرعة إلا إذا كان عدد جزيئات الوقود والأكسجين كافياً بحيث يتم الاحتراق دونما تأخير.

٢. درجة الحرارة :

تزداد سرعة الإحتراق بازدياد درجة الحرارة (الدرجة التي يجب أن نرفع إليها المادة المتفجرة كي تنفجر)، حيث تتضاعف السرعة تقريباً كلما ازدادت درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات مئوية.

تحترق أكثر المواد المتفجرة عندما تتعرض لمؤثر حراري (اللهب – التسخين...).

وتتغير سرعة الإحتراق بتغير الضغط فكل ازدياد في الضغط يؤدي إلى ازدياد في تدفق الحرارة و بالتالي إلى زيادة سرعة الإحتراق.

فالمواد الدافعة تحترق في الهواء بسرعة ٥ ملم/ث ولكن عندما يزداد الضغط في غرفة الإحتراق لأي سلاح (خرطوشة – مدفع – صاروخ ...) فإن السرعة قد تصل إلى ٤٠٠ ملم/ث. كذلك الأمر عندما تحترق مادة متفجرة في وعاء محكم الإغلاق فإن الغازات الناتجة لا تستطيع التسرب بسهولة مما يؤدي إلى إرتفاع مفاجئ في الضغط يرفع من سرعة الإحتراق إلى ما فوق سرعة الصوت الأمر الذي يؤدي إلى حدوث الإنفجار كما في عبوة الكوع مثلا.

٣. الضغط :

تؤثر قيمة الضغط في مجرى التفاعل بشكل مماثل لتأثير درجة الحرارة، فإذا ما ازداد الضغط إلى حد معين ازدادت سرعة التفاعل بحيث يمكن للإشتعال أن يتحول إلى إنفجار ، والإنفجار يزداد عنفا لا سيما في المتفجرات الشعبية ضعيفة الحساسية عند زيادة الضغط.

٤. كثافة المادة المتفجرة :

تؤثر كثافة المادة المتفجرة في سرعة إنتشار التفاعل حيث تكون السرعة التي يتطور فيها التفاعل أكبر بكثير في المركبات الكيميائية منها في الخلائط الفيزيائية . إذ أن ذرات الأولى هي أقرب بعضها إلى بعض منها في الثانية.

٥. كثافة الشحنة :

هي العلاقة الكائنة بين المادة المتفجرة وحجم الحيز الذي يتم فيه التفاعل، وتزداد ضغوط التفاعل وسرعته بازدياد كثافة الشحنة ونلحظ ذلك جليا في المتفجرات الدافعة حيث يمكن للإحتراق أن يتحول إلى إنفجار والمواد الضعيفة الحساسية تزداد قوة في تأثيرها.

٦. الكابح :

وهو كل عائق أو صعوبة يجابه بها الحيز الذي تتم فيه العملية الإنفجارية – الغازات الناتجة من الإنفجار –مانعاً إنتشاره. فالكابح إذا تابع لطبيعة الوعاء ولإحكام إغلاقه. ففي حيز جيد الإحكام وذي خواص مميزة ملائمة تحول دون تحطيمه قبل التحول الكلي للمادة المتفجرة إلى غاز يزداد الضغط بتقدم العملية الإنفجارية ولما كانت السرعة تابعة للضغط فإن ما يبدأ كاحتراق يمكن أن ينتهي كإنفجار.

ولا تستلزم جميع المواد المتفجرة الكابح نفسه فبعضها يكتفي بالهواء الذي يحيط به (ت.ن.ت) والبعض الآخر يتطلب عائق أكبر (البارود).

٧. المنشطات أو المحرضات :

وهي المواد التي تؤثر سلباً أو إيجاباً في سرعة التفاعل الإنفجاري فمثلا الصاعق الضعيف يؤدي إلى ضعف الإنفجار للمادة المتفجرة الرئيسية .

ثانيا : التحكم بشروط العبوة وظروفها الخارجية (الوسط–الهدف) .

وسنتكلم عنه بالتفصيل في باب الحشوات عند الحديث عن العبوات

وسائط التفجير

وهي عبارة عن المستلزمات والأدوات المستخدمة في عملية التفجير وهذه الوسائط هي عبارة عن خمسة أنواع:

١ – الصواعق

٢ – الفتائل

٣ – الأسلاك

٤ – المنابع الكهربية

٥ – الشحنات المتفجرة (الحشوات)

وسنخصص للصواعق والفتائل بابا، وسنتكلم عن الاسلاك والمنابع في باب كهرباء المتفجرات

أولاً :

الصـــــــواعـق

نبذة عامة:

أول مشعل تم اكتشافه على يد الدكتور واتسن سنة ١٧٥٠، اكتشف قدرا يحتوي على البارود الأسود بداخل انبوبة ورقية، وفي عام ١٨٦٤ تم اكتشاف أول صاعق على يد الفرد نوبل

عبارة عن انبوبة نحاسية بداخلها فلمنات الزئبق ليفجر الديناميت، وتم اكتشاف الصواعق المشعلة عام ١٩٠٠ في المانيا ولم تستخدم في امريكا الا عام ١٩٥٠.

تعريفه: هو العامل الأساسي لتفجير المواد الانفجارية (المحرض) الذي يعطي صعقة انفجارية من أجل تحريض المواد الانفجارية.

وهى عبارة عن أوعية معدنية (نحاس أو ألمنيوم) أو بلاستيكية تحتوي بداخلها علي كمية صغيرة من المواد شديدة الحساسية كـ(أزيد الرصاص أو فلمنات الزئبق) وأخرى متوسطة الحساسية كـ (PETN–RDX) بنسبة ١-٢ وقد تصل النسبة من ١-١,٢ وتكون المواد البادئة في أعلى منتصف الصاعق والمواد الثانوية في الأسفل .و عند وصول شعلة من فتيل (تأخيري اشتعالي)أو مقاوم كهربائي تتفجر المواد البادئة مفجرةً بدورها المواد الثانوية ، وهكذا تتولد موجة انفجارية قادرة على تفجير الحشوات الناسفة وهي تستخدم في تحريض المتفجرات ، وهي بعبارة أخرى محرض أو بادئ للانفجار بواسطة الموجة الانفجارية ، ويوجد منه شكلين الأنبوبي وهو الشكل الاكثر استخداما في العالم، والدائري والذي يستخدم في بعض الالغام .

وهذه الصواعق مصممه بشكل انها يمكن إدخالها في أماكنها في حشوات النسف . وتصنف قوة الصواعق التفجيرية حسب وزن الحشوة المتفجره الثانويه . الصواعق التفجيرية التجارية هي ذات أرقام ٦ و ٨ . وتستعمل لتفجير المواد المتفجرة الثانويه الأكثر حساسية من غيرها ، كالديناميت التجاري والتتريل.

أما الصواعق العسكرية الأمريكية M6 و M7 أو معادلاتها التجارية J1 و J2 تستعمل لضمان انفجار المواد المتفجره الأقل حساسية. الحشوة المتفجره الثانويه في الصواعق M6 و M7 هي حوالي ضعفي الحشوة الموجودة في الصاعق التجاري رقم 8 .

كل من الصواعق التجارية أو العسكرية تعتبر أدوات حساسة جدا ويمكن أن تنفجر في حال عدم التعامل معها بالشكل المناسب .لذلك يجب حماية الصواعق من الصدمات والحرارة المرتفعة . كما يجب عدم تخزين الصواعق مع المواد المتفجره الثانويه ؛ ويجب عدم نقلها على نفس العربة إلا في حالات الضرورة القصوى، وسنتحدث عن ذلك بالتفصيل فيما بعد . وهناك أنواع من الصواعق المستعملة في العمليات العسكرية منها (الصاعق الكهربائي والعادي) .

أنــواع الصـــــواعق:

سوف ندرس أنواع الصواعق من حيث:-

١. من حيث نوع الأنبوب.
٢. من حيث آلية تفجيره.
٣. من حيث التركيبة الداخلية
٤. من حيث كعب الصاعق.
٥. من حيث المدة الزمنية.

أولاً : من حيث نوع الأنبوب:

١. الألمنيوم او سبيكة منه : وهو الأكثر استخداما ونستخدم فيها مادة ازيد الرصاص كمادة حساسة .
٢. النحاسي او سبيكة منه : ويكون بداخلها مادة فلمنات الزئبق كمادة حساسة .
ملاحظة هامة : الصواعق الاصلية النحاسية كثيرة الاعطال فلا ننصح باستخدامها.

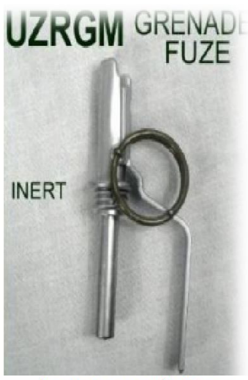
٣. البلاستيكي : يستخدم غالبا في بعض الألغام ويمتاز بعدم اكتشافه لاجهزة كشف المعادن.

ملاحظة: لا يجوز لأحد الإجتهاد وصنع صواعق من مواد مختلفة بدون علم، وللعلم فإن ازيد الرصاص يتفاعل مع النحاس اذا وضع في انبوب من النحاس فيكون ازيد النحاس وهي مادة حساسة جدا للحرارة والضغط ومن الممكن ان تنفجر تلقائيا، وكذلك فلمنات الزئبق فانها تتفاعل مع الالمنيوم اذا وضعت في أنبوب المنيوم، فتتكون مادة لا تنفجر.

ثانياً : من حيث آلية تفجيره:

١- **الميكانيكي** : عن طريق وجود إبرة ونابض وكبسولة مثل القنابل اليدوية والالغام وياتي في بعضها مادة تاخيرية، ويقصد ان يتم التفجير بطريقة مكيانيكية حركية.

صاعق قنبلة M228 الأمريكي



صاعق قنبلة UZRGM الروسية

الصواعق الميكانيكية مصممة بطريقة عندما تتعرض فيها لشد أو سحب ميكانيكي فإنها تبدأ عملية الاشعال والتفجير ، ويجب ان تكون قوة الشد كافية لتحرير الابرة لضرب كبسولة الاشعال.

قوة الشد في الصواعق الامريكية ٢-٣ كيلو جرام تقريبا.

قوة الشد في الصواعق البريطانية ٣-٤ كيلو جرام تقريبا.

قوة الشد في الصواعق الروسية والالمانية ٠.٥-١ كيلو جرام تقريبا.

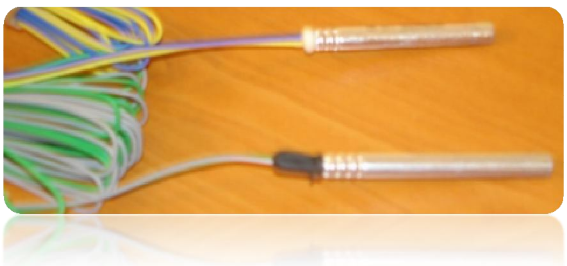
٢- **الكيميائي** : مثال كلورات البوتاسيوم + حمض الكبريتيك تتولد شعلة تكون كفيلة بتفجير الصاعق . لا بد من ضغط الصاعق الكيميائي بزرادية حتى تتكسر الزجاجة في الداخل.

ملاحظة : نضغط برفق فاذا ضغطنا بقوة فقد يفسد الصاعق.

في الصورة المقابلة صاعق كيميائي من الداخل.

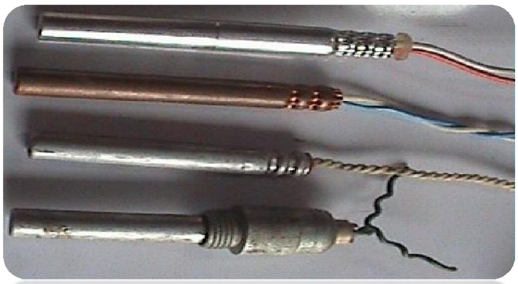
جدول الصواعق الكيميائية

اللون	الوقت
الأحمر	15----30 دقيقة
الأسود	7----10 دقيقة
الأبيض	60----90 دقيقة
الأخضر	2،5----5 ساعة
الأصفر	11 ساعة
الأزرق	21 ساعة



٣- **الكهربائي** : وجود سلك تنجستون بداخل الصاعق وعند مرور تيار كهربائي بين طرفيه فانه يسخن سلك التنجستين والذي بدوره يشعل مادة ومن ثم انفجار الصاعق.

ويستعمل عندما يتوفر مصدر للطاقة الكهربائية كآلة تفجير (منياتير) أو البطاريات ، وهناك نوعان من الصواعق الكهربائية : عسكري وتجاري .



الصـواعق العسـكرية هـي صـواعق فوريـه . أمـا الصـواعق التجارية فمنها فوري ومنها تأخيري تتراوح فترة التأخير فيها بـين ٠,٠٢٥ و ١٢ ثانيـه . الصـواعق الكهربائيـة مـزوده بأسـلاك كهربائيـة ذات أطـوال مختلفـة لوصـلها إلـى دارة التفجيـر الكهربائيـة . ولتجنـب الانفجـار المفـاجئ ينبغـي وصل طرفي الصـاعق بعضـها مع بعض مباشرة بواسطة الجـدل أو بواسـطة فيشـة وصـل تنـزع عنـد الاسـتعمال . الصـاعق الأمريكي M6 هو الصـاعق المعتمد من قبل القوات العسكرية الأمريكية .

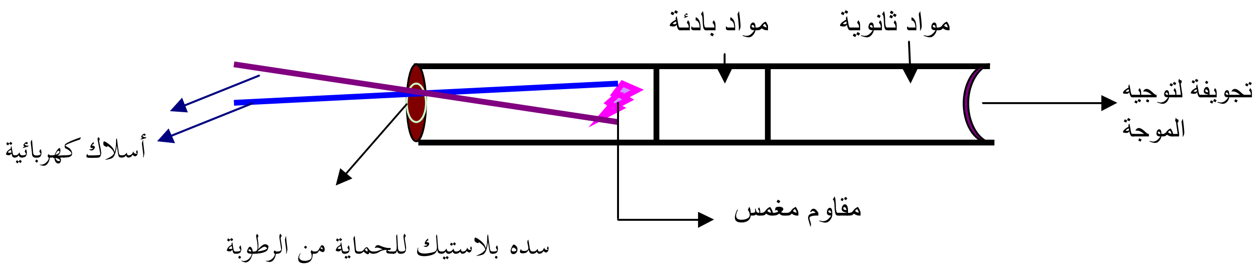
ملاحظة : أغلب الصواعق الكهربائية المتوفرة تحتاج إلى جهد (v 1.5) وتيار (A 0.5٠) وتجدر الاشاره إلى أن هناك نماذج كثيرة من الصواعق لا تخضع لهذه المعادلة من الجهد والتيار . وتنطبق هذه المعادلة في أغلب الأحيان على الصواعق ذات الحشوة صفر .

قاعدة :

لكل صاعق كهربائي مع سلكه مقاومة قدرها ٢,٥ أوم.

اذا كان التيار مصدره البطاريات (تيار مستمر) فإن الصاعق الكهربائي يحتاج منه إلي ٠,٥ أمبير فقط حتى ينفجر. واذا كان التيار منزلي (تيار متردد) فإنه يحتاج منه إلي ١ أمبير فقط حتى ينفجر .

يحتاج الصاعق الكهربائي في أغلب الاحوال الي ١,٥ فولت فقط حتى ينفجر .



مقطع يوضع الصاعق الكهربائي من الداخل

ولا نراعي في الصواعق الكهربية القطبية أي ليس فيها موجب ولا سالب وليس هناك اعتبار للون السلك وكما نلاحظ بالصورة فهناك اسلاك زرقاء واخرى بيضاء وغيرها من الألوان الأخرى.

أيضا نضيف بأن هناك نوعية من الصواعق تعمل على التيار المتردد AC ، ولها جدول خاص ولا ننصح بها وبتجارب الاخوة تبين ان اكثرها لا ينفجر والصورة .

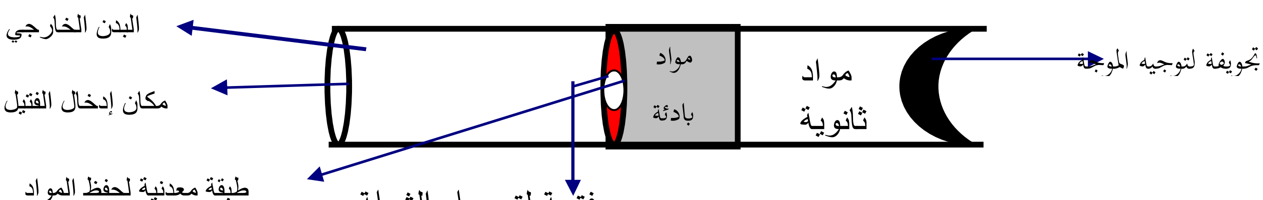
ونشير هنا أن سلك الصاعق الكهربائي مقاومته عالية قد تصل لربع مقاومة الصاعق والافضل استبداله بسلك مقاومته قليلة ، طبعا نتحدث هناعن الصواعق الدولية.

٤- **العادي أو الطرفي أو الناري**: يكون طرفه العلوي مفتوح لوضع الفتيل الاشتعالي ، ومن ثم يتم إشعال الفتيل الذي بدوره يوصل الشعلة إلى المادة الحساسة فينفجر الصاعق .

ويتم تفجيرها بواسطة الفتيل الانفجاري أو بواسطة أجهزة عمل أخرى .

وينبغي عدم استخدامها في التفجيرات تحت سطح الماء أو في الثقوب الرطبة نظرا لصعوبة عزلها الكامل عن الرطوبة . وأما إذا كان ذلك ضروريا فيجب حمايتها من الرطوبة بتغطيتها بمواد عازلة كالشحم مثلا . الصواعق التجارية المستعملة هي الصاعق J1 ورقم 6 ورقم 8 . أما الصواعق المعتمدة عسكرياً في الجيوش الغربية فهي J1 و M7 .

ملاحظة : الصاعق M7 بابه موسع قليلاً لتسهيل إدخال الفتيل التأخيري .



الصاعق التفجيري الإشتعالي

والصاعق الناري يفسد إذا وضع في الماء بدون الفتيل ولو لثواني معدودة قليلة لأنه مفتوح من أعلى ويصلح مع الفتيل الاسود للتفجير تحت الماء ولكن لا يصمد الكثير من الوقت ويفضل ان لا تزيد المدة عن عشر دقائق.

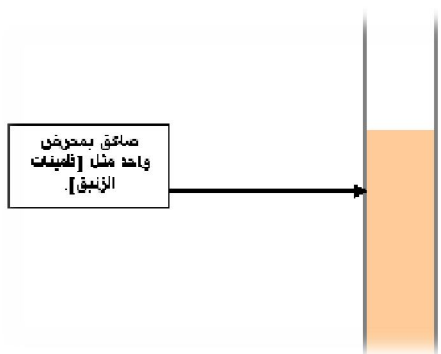
٥- **الصواعق النووية:** عبارة عن صواعق تحتاج إلى فولت عالي جدًا حتى تنفجر ويسمى الصاعق بصاعق سلك الجسر المتفجر Exploding Bridge Wire (EBW) وتم اكتشافها عام ١٩٤٠م ولا يوضع فيه مادة بادئة وإنما توضع مادة PETN مباشرة، وهذه الاجراءات بالطبع لضمان عدم الانفجار العفوي من القنابل النووية.

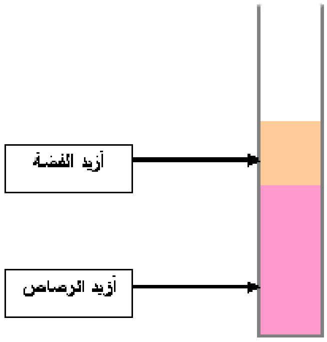
ثالثا : من حيث التركيبة الداخلية

المقصود بالتركيبة الداخلية للصاعق أي المادة أو المواد المتفجرة التي يتكون منها الصاعق، وعادة ما تكون المادة الداخلية للصاعق اما محرض فقط أو محرض ومنشط ، وتنقسم تركيبة الصواعق الداخلية الي اربعة اقسام:

١- صاعق بمحرض واحد فقط

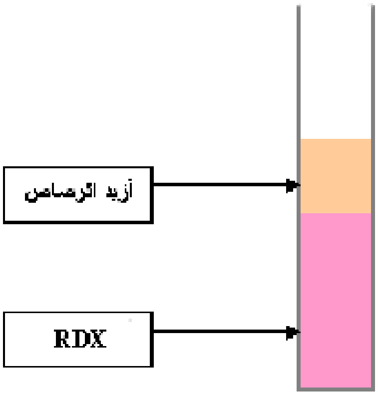
ويحتوي على مادة حساسة فقط كفلمنات الزئبق.





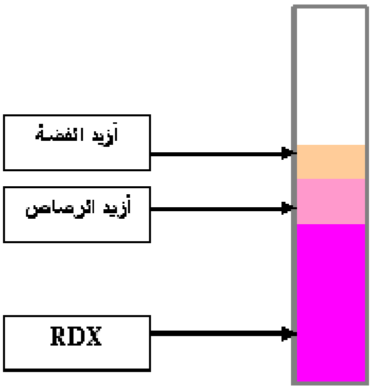
٢- صاعق بمحرضين

ويحتوي على مادتين حساسة.



٣- صاعق بمحرض ومنشط (محرض مركب)

كما بالصورة المقابلة.



٤- صاعق بمحرضين ومنشط (محرض مركب)

ملاحظة: الصاعق رقم ٣ ورقم ٤ هما أقوى الصواعق من حيث التركيب لاحتوائهما على المنشط، وغالبًا ما يستخدمان في الحشوات التي تحتاج لصعق قوي مثل نترات الامونيوم وغيرها من المتفجرات منخفضة الفاعلية.

رابعاً : من حيث كعب الصاعق:

- **مستو** : ونستفيد منه في انتشار أعرض للموجة الانفجارية والتي يستفاد منها العبوات العادية والموجة .

- **مقعر** : ونستفيد منه في انتشار أعمق للموجة الانفجارية بحيث يركز الموجة في بؤرة البطانة وتكون أطول ويستفاد منها في الأغلب في العبوات الخرق، وفي الصورة صواعق روسية مجوفة.

خامساً : من حيث المدة الزمنية:

تنقسم الصواعق من حيث المدة الزمنية الى قسمين :

١. صواعق كهربائية لحظية Instantancous Electrical Detonators (IED):

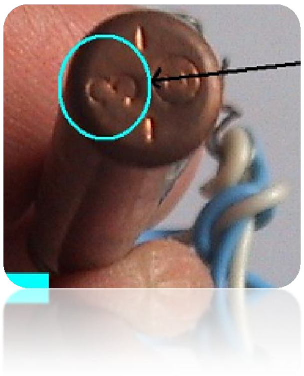
هي صواعق لا يوجد على كعبها كتابة أو يوجد s أو ٠ أو st و هذا يعني أنها لحظية تنفجر مباشرة دون تأخير، أما اذا كتب عليها أرقام أخرى فهذا يعني أنها تأخيرية.

٢- صواعق كهربائية تأخيرية قصيرة(Short Period Delay Detonators (SPD:

وتكون الصواعق الكهربائية التأخيرية القصيرة لها نفس مكونات الصواعق اللحظية الا أنه بداخلها فتيل اشتعالي سريع جدا ومكتوب على سلك الصاعق المدة التأخيرية أو على كعب الصاعق، يقاس التأخير بالملي ثانية MS،(يقدر التأخير من ٠,٥ إلى١,٥ مللي ثانية).

٣- صواعق كهربائية تأخيرية طويلة Long Period Delay Detonators (LPD):

وتكون لها نفس مكونات الصواعق اللحظية الا أنه بداخلها فتيل اشتعالي سريع ومكتوب على سلك الصاعق المدة التأخيرية أو على كعب الصاعق، يقاس



التأخير بالملي ثانية MSوبالثانية Second.(يقدر التأخير من ٢٥ مللي ثانية إلى ٢٠ ثانية). يمكن أن يكتب رقم على الصاعق أو على ورقة تحيط بسلك الصاعق وهذا الرقم يرمز إلى المدة التأخيرية أو يكتب على ورقة مرتبطة بالسلك المدة التأخيرية بالضبط وقد يكتب الفترة التاخيرية بالضبط على الصاعق كما هو بالصور المقابلة .

إن هذه المدة تتفاوت من رقم إلى آخر وكذلك تختلف نفس الأرقام باختلاف الدولة المصنعة لذا يجب تجريبها خصوصا إذا استخدمنا صواعق مختلفة المنشأ.

تستخدم الصواعق التي لها زمن تأخيري في التفجيرات المتوالية في حفر الأنفاق و هدم المنشآت .

ملاحظة :-

في العبوة الواحدة لا يصح جمع أكثر من صاعق تأخيري في عبوة واحدة لا سيما العبوات الكبيرة ، إلا إذا كانت من نفس الأرقام ونفس النوع أو أنها تكون ملامسة لبعضها البعض فأي صاعق ينفجر يفجر الصواعق الأخرى .

والآن سنتحدث بالتفصيل عن الصواعق الكهربائية والغير كهربائية،

الصواعق الكهربائية:

تستخدم الصواعق الكهربائية عندما نستخدم مصدر كهربائي لتفجيرها مثل بطارية او ماكينة تفجير، ويوجد منها صواعق تجارية وصواعق عسكرية، ويوجد منها عدة أنواع بناء على قوة انفجارها المعتمدة على كمية فلمنات الزئبق في الصاعق بدءاً من رقم ١ الي رقم ٨ لكن اشهرها في الاستخدام هو رقم ٦ و رقم ٨ وحاليا توجد صواعق رقم ١٢ من حيث القوة.

صاعق رقم ٦: طوله ٢,٨٥ سم وقطره من الخارج ٦,٣٥ ملم .

صاعق رقم ٨: طوله ٣,١٧ سم وقطره من الخارج ٦,٣٥ ملم .

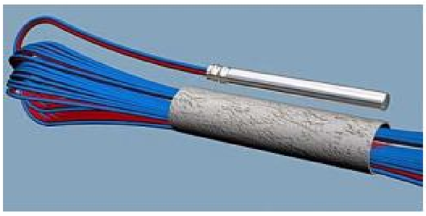
	وزن فلمنات الزنبق		أبعاد الصاعق	
الصاعق	بالجرام	بالحبيبات	القطر ملم	الطول ملم
رقم ١	0.30	4.6	5.5	16
رقم ٢	0.40	6.2	5.5	22
رقم ٣	0.54	8.3	5.5	26
رقم ٤	0.65	10.0	6	28
رقم ٥	0.80	12.3	6	32-30
رقم ٦	1.00	15.4	6	35
رقم ٧	1.50	23.1	6	45-40
رقم ٨	2.00	30.9	7-6	55-50

نلاحظ أن الصاعق رقم ٦ يحتوي على ١ جم من مادة فلمنات الزئبق في حين ان الصاعق رقم ٨ يحتوي على ٢ جم منها، وحاليا الصواعق رقم ٦ و ٧ و ٨ فقط هم الذين يصنعوا في الولايات المتحدة والصاعق رقم ٦ الاكثر استخداما منها، وفي عام ١٩٩٠ تم تحسين الصاعق باضافة ١٥% من مادة كلورات البوتاسيوم الي فلمنات الزئبق وعلى الرغم من ان اضافتها كان لها ايجابية ممتازة وهي تخفيض حساسية الصاعق وتخفيض كلفته الا انه كان فيها عيب وهو ان الخليط يمتص الرطوبة.

والصواعق الكهربائية مزودة باسلاك كهربائية ذات أطوال مختلفة لوصلها الي دائرة التفجير ولتجنب الانفجار المفاجئ ينبغي وصل طرفي الصاعق ببعضها، وطول السلك يتراوح بين ١,٢٢م الي ٩١,٤٤م وعادة ما يكون طوله ٧,٣م اي ٢٤ قدم وسلك الصاعق يكون من لونين لتسهيل التوصيل واكثرها استخداما تجاريا رقم ٦ و ٨، وعسكريا هو M6 والصاعق العادي M7 والحشوة المتفجرة فيهما حوالي ضعفي الموجودة في الصاعق التجاري رقم ٨.

اغلب الصواعق الكهربائية تحتاج لجهد ١,٥ فولت و ٠,٥ أمبير وبعضها لا يخضع لهذه المعادلة.

صاعق M6 الكهربائي الأمريكي اللحظي



صاعق M6 الكهربائي الروسي اللحظي

صاعق M6 الكهربائي الأمريكي اللحظي التدريبي

صواعق كهربائية لحظية روسية طولها ٥٠ ملم و قطرها ٦ ملم. ومقاومتها من ١,٥–٢,٢٥ أوم.

الصواعق التأخيرية الطويلة :

أول استخدام للصواعق التأخيرية كان عام ١٩٩٠ على يد بريطانيا والصواعق العسكرية أغلبها فورية اما الصواعق التجارية فمنا فوري ومنها تأخيري وتتروح مدته بين ٠,٠٢٥ و ٢٠ ثانية.

خليط الاشتعال في الصاعق التأخيري:

يتكون من مادة مؤكسدة ومادة مشتعلة بشرط يكون خروج الغاز قليل وافضلها المحتوية على بودرة معادن ناعمة.

الخليط الأول: ٥٥% الي ٧٠% مادة مؤكسدة برمنجنات البوتاسيوم و ٣٠% الي ٤٥% مادة بودرة الانتوموني.

الخليط الثاني: ٨٥% بيروكسيد الباريوم و ١٥% مادة بودرة سيلينيوم وهو المعتمد في امريكا.

أربع أكياس من الصواعق الكهربائية (كل كيس فيه ١٠٠ صاعق)

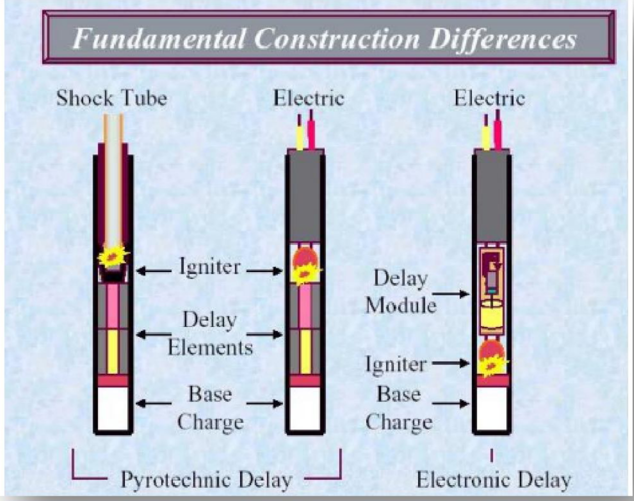
<u>في الخلطات يجب توفر الآتي:</u>

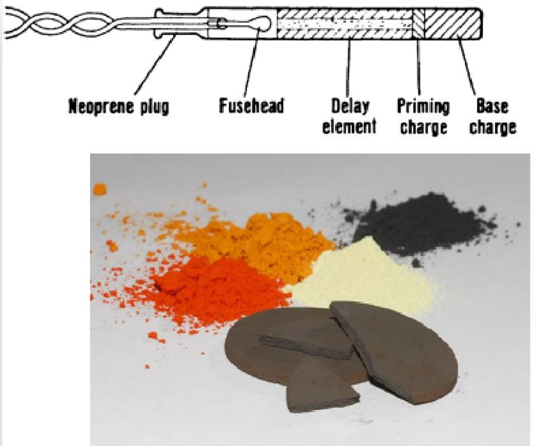
- تخرج أقل كمية من الغازات عند الاشتعال.
- تلامس المادة المؤكسدة مع المادة المشتعلة بشكل منتظم يضمن انتظام الاحتراق.
- خروج الحرارة المنتظمة من اشتعال الخليط.

كيس يحتوي على صواعق كهربائية

<u>زمن التأخير</u>

رقم الصاعق	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
التأخير	٥٠٠او اقل	١٠٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٤٠٠٠	٥٠٠٠	٦٠٠٠





خليط الإشتعالي التأخيري المستخدم في الصواعق التأخيرية

❖ توجد شركات تجارية مثل شركة دينو أعطت للصواعق التأخيرية ألوان حسب وقت التأخير سواء تم تفجيرها بالكهرباء او بأنبوبة الصدم.

❖ ملاحظة: توجد حاليا صواعق تأخيرية الكترونية يمكن برمجتها آنيا من خلال جهاز الكتروني اقصى تأخير فيها لمدة ٢٠ ثانية ويمكن تفجيرها سلكيا او لا سلكيا عن بعد ٣كم .

صاعق نحاسي تأخيري الكتروني قوته ١٢ #

الصواعق التأخيرية القصيرة:

بعض الأعمال المدنية أو العسكرية تحتاج تأخير بسيط جدا في انفجار الصاعق فتم تصنيع أنواع تأخيرية من الصواعق الكهربائية مدته من ٠,٥ مللي ثانية الي ١,٥ مللي ثانية، وتم تمييز الصواعق من خلال رمز ١٠٧ على الصاعق وتستخدم مثل هذه الصواعق في القذائف الترادفية .

في حال تصنيع صاعق التأخير السريع نستخدم خلطة اشتعالية سريعة مثل ٣٠% سيليكون و ٧٠% برمنجنات البوتاسيوم.

الصواعق الغير كهربائية

صواعق عادية غير كهربائية (٤ منها موصلة مع فتائل)

تم تصميمها بحيث تفجر من خلال لهب الفتيل المتفجر او المشتعل او انبوبة الصدم، ويتكون من متفجر ثانوي حساس ومن ثم المادة البادئة وقد يضاف اليها مادة مشتعلة مغلفة،

❖ **<u>والتجارية</u>** منها يوجد منها عدة أحجام حسب كمية المادة البادئة في الصاعق لكن الأكثر والأشهر استخداما صاعق رقم ٦ وصاعق رقم ٨ سواء كانت سبائكها من النحاس او الالمنيوم.

صاعق رقم ٦: طوله ٣,٤٩سم وقطره من الخارج ٦,٣٥ ملم.

صاعق رقم ٨: طوله ٣,٨١ سم وقطره من الخارج ٦,٣٥ ملم.

ويوجد منها عدة احجام أكبر من ذلك فنجد الصاعق الامريكي رقم ٨ طوله ٥,٩٦سم وقطره ٦,٢٢ملم وتستخدم مع المتفجرات الخاملة الكبيرة في الحجم.

❖ **<u>والعسكرية</u>** أشهر صواعقها هو صاعق M4 صاعق M7 وبابه موسع قليلا لتسهيل ادخال الفتيل المشتعل او انبوبة الصدم ويمكن تحويل الصاعق العادي الغير كهربائي الي كهربائي من خلال قصه ان كان له كبسولة وسيتم شرحها بالصور لاحقا وبنفس الطريقة ان كان مفتوحا .

ويوجد العديد من الحاويات لهذه الصواعق منها معدنية ومنها كارتونية ومنها خشبية كما بالصور.

صواعق عادية غير كهربائية تستخدم للتدريب فقط في حاوية كرتونية و بلاستيكية

الموديل	مادة بادئة	مادة ثانوية	نوع الانبوب	طوله	قطره
GRT8M	فلمنات زئبق	تيترايل	النحاس	٤٧ ملم	٧ملم
TAT8A	ازيد الرصاص	تيترايل	الالمنيوم	٤٧ ملم	٧ملم
TAG8A	ازيد الرصاص	هيكسوجين	الالمنيوم	٥٢ ملم	٧ملم

حاويات صواعق عادية استخدمت في الحرب العالمية الثانية

حاويات صواعق عادية استخدمت في الحرب العالمية الثانية

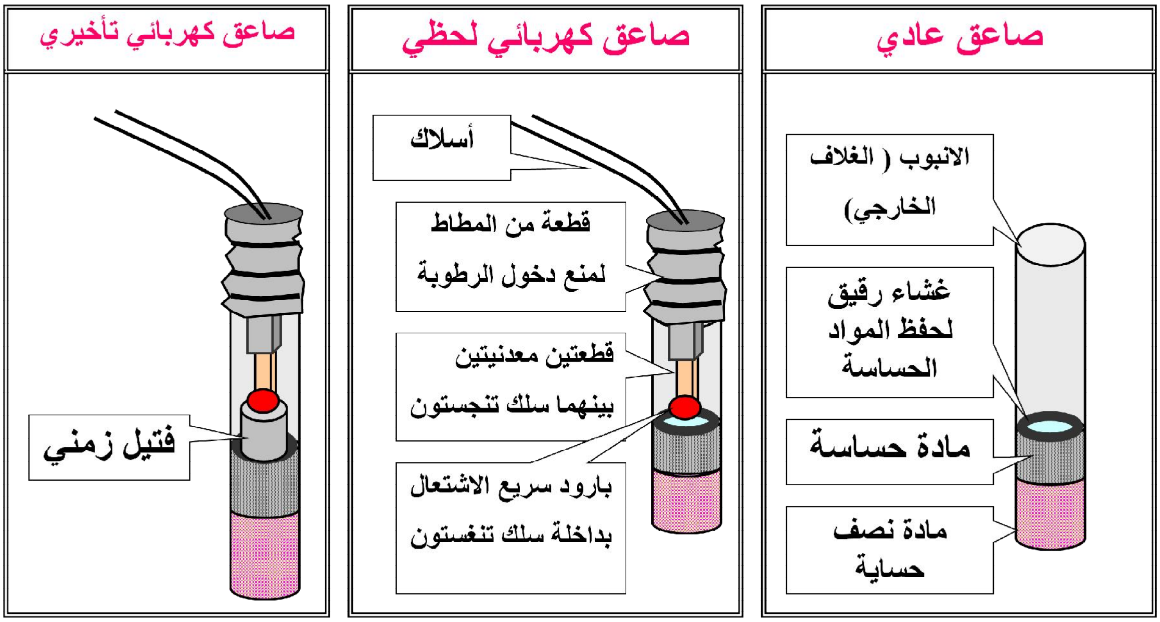
حاويات صواعق عادية رقم ٦ الحديثة

صواعق وعلبها تم غنيمتها من الهالك القذافي

اختبار قوة الصواعق :

ويتم من خلال بلوك الرصاص الصغير (ترازول) وذلك بعمل فتحة على حجم الصاعق في بلوك الرصاص الصغير وبعد النفجار يقاس مدى التمدد في داخل بلوك الرصاص.

أجزاء الصاعق



طريقة تثبيت الفتيل البطيء في الصاعق العادي:

- ❖ نقوم بتهيئة الفتيل عن طريق قطع أحد أطرافه بشكل عامودي ٩٠ درجة مئوية و الطرف الآخر بزاوية ٤٥ درجة مئوية .
- ❖ نقوم بإدخال الفتيل في الجهة العامودية منه في الصاعق بهدوء أو بشكل برم حتى يسهل عملية الدخول بسهولة له وعندما تشعر بصعوبة في إدخاله نتوقف .
- ❖ نقوم بضغط طرف الصاعق من أعلي ٠,٥ سم بحيث نقوم بتضييق فوهة الصاعق علي الفتيل و الهدف من ذلك نثبت الفتيل.
- ❖ و يمنع الضغط بقوة علي جسم الصاعق وبالتالي الضغط علي الفتيل مما يؤدي إلى انفجار الفتيل بعد اشتعاله لانحباس الغازات . علما أن هناك بعض الأدوات الآمنة للتعامل مع الصواعق الفتائل يفضل توفيرها .

ملاحظة:

أثناء تثبيت الفتيل بالصاعق يكون كعب الصاعق باتجاه منطقة ميتة وبعيد عن الجسم .

طرق تفجير الصواعق < المشاعل (المواسير) >

يوجد العديد من المشعلات لتفجير الصواعق حسب الاحتياج، وقد صنفت هذه المشعلات إلى عدة أصناف بحسب نوعية المشعل.

تعريف :

وهي عبارة عن وسائل عسكرية وظيفتها ابداء اشتعال او انفجار تحت تأثير خارجي معين.

وهناك عدة أنواع من حيث طبيعة مكوناتها.فمنها ميكانيكي ومنها كهربائي ومنها كيميائي ومنها مشترك. ويمكن تقسيمها من حيث طريقة العمل أو الأثر الخارجي الذي تعمل نتيجة له . وبشكل عام يمكن تصميم ماسورة لكل تغيير خارجي إلا أن هناك نماذج مشهورة الاستخدام من الناحية العسكرية مثل مواسير الضغط، كف الضغط، الشد، قطع الشد.

أولا : المشاعل الميكانيكية

وهي أنواع عديدة وأشكال متنوعة منها مشاعل الضغط والشد وقطع الشد ورفع الضغط وغيرها..

مشاعل الضغط:

بشكل عام أغلب الألغام الافرادية والألغام المضادة للآليات تحتوي على جهاز عمل على مبدأ الضغط ويمكن استخدامها كماسورة ضغط (مع الالتفات إلى مواصفاتها من حيث الضغط المطلوب وطريقة التسليح والتأمين).

مواسير الشد :

وهي عبارة عن ماسورة تعمل إذا ما تعرضت لقوة شد. يتم نقل قوة الشد إلى الماسورة بواسطة سلك متين ورفيع (سهل التمويه).

قطع الشد :

وهي أدوات ميكانيكية تعمل على مبدأ قطع الشد . ومن هنا كانت القاعدة "لا تقطع سلكا مشدودا ولا تشد سلكا مرخيا". وهناك بعض المواسير تعمل على مبدأ الشد وقطع الشد.

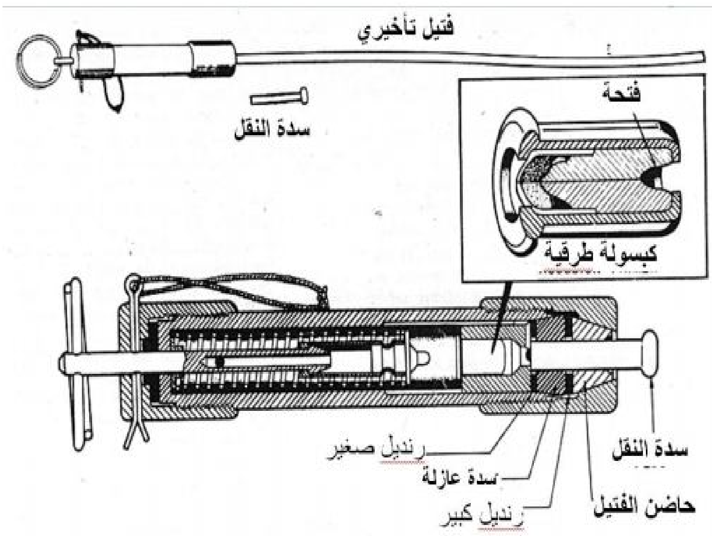
كف الضغط :

وهي عبارة عن وسائل تعمل عند ازالة الثقل الملقى عليها وتستعمل غالبا في أعمال تفخيخ الوسائل العسكرية أو المدنية.

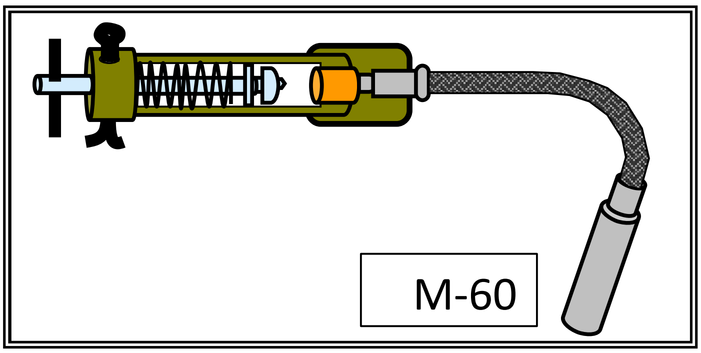
واليكم بعض من مواسير الضغط والشد وقطع الشد وكف الضغط المعروفة :

المشعلة الأمريكية- M115, وM60

تم تصميمها واستخدامها في الحرب العالمية الثانية وهي عبارة عن أداة لإشعال الفتيل في كافة الظروف المناخية المحيطة وفكرة عملها هي **ماسورة شد** عادية متصلة بقطعة نحاسية أو حديدية ومنها بلاستيكي حاليا تحتوى على كبسولة وفيها فتحة لتثبيت الفتيل بواسطة برغى تثبيت يوجد فيها عدة ثقوب لتخفيف الضغط الناتج عن الاحتراق بعد الكبسولة واشتعال الفتيل (يجب أن يكون رأس الفتيل موازيا لوسط هذه الثقوب) وتغلق هذه الثقوب بشريط لاصق لعزل الفتيل عن الرطوبة بشرط ان يحترق ويفتح الثقوب حين الاشتعال وفي الصور المشعلة الأمريكية M60 التي استخدمت في حرب فيتنام.



مشعلة الفتيل الأمريكية M60

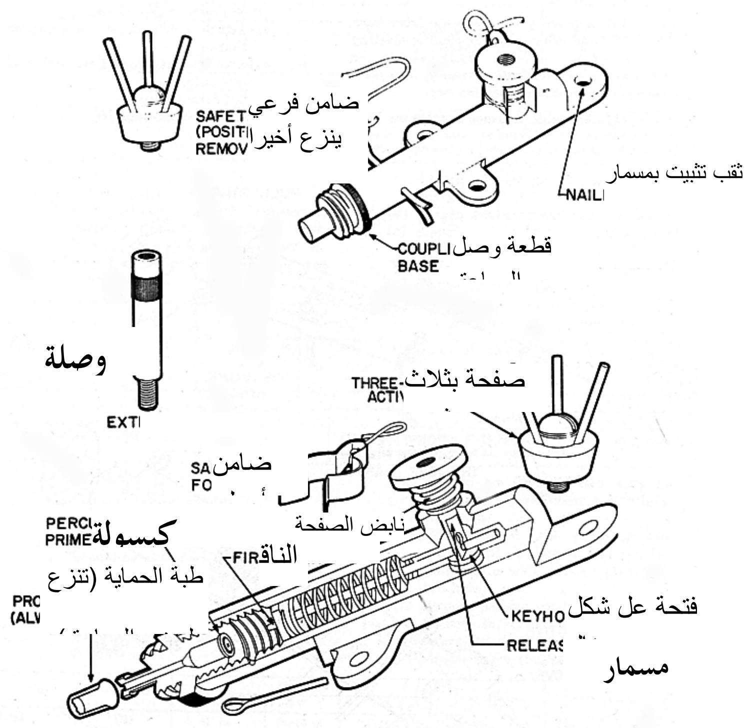


مشعلة الفتيل النحاسية:

هنالك وسيلة أخرى متوفرة لإشعال الفتيل هي الماسورة النحاسية وتتألف من **ماسورة شد** عادية متصلة بقطعة نحاسية تحتوي على كبسولة وفيها ثقب لثبيت الفتيل بواسطة برغي التثبيت. يوجد فيها عدة ثقوب جانبية لتخفيف الضغط (يجب أن يكون رأس الفتيل موازيا لوسط هذه الثقوب. تغلق هذه الثقوب بواسطة طبقة تلصيق كهرباء لعزل الفتيل عن الرطوبة.

ماسورة الضغط الأمريكية :M1A1

وهي عبارة عن ماسورة ميكانيكية **تعمل على الضغط** تحتاج الى ضغط من ٩ الى ١٢ باوند .



ماسورة الضغط الأمريكية **M1A1**

عناصر الماسورة :

تتكون الماسورة من الخارج من أنبوب معدني قطر ١,٦سم طول ٧ سم. صفحة الضغط موجودة في القسم الخلفي ومن الأمام هناك فتحة محلزنة لتثبيت الكبسولة. وتتكون من الداخل من نابض وناقر مضغوط الى الخلف ومثبت بواسطة صفحة الضغط. تحتاج إلى ضغط بقوة ٢٠ بوند (٩ كلغ) لكي تعمل. للماسورة ضامنين : ضامن اصلي وضامن فرعي.

الضامن الأصلي يأتي على شكل ملقط يكون في اسفل صفحة الضغط ويمنعها من الحركة .الضامن الفرعي مثبت الى أمام الإبرة ويمنعها من الوصول الى الكبسولة .

طريقة الزرع:

- ❖ انزع طبة الحماية وثبت مكانها صاعق عادي بواسطة الكبس. يجب أن لا يتم الكبس على مسافة أبعد من ٦ ملم من فتحة الصاعق.
- ❖صل الصفحة الثلاثية الشعب مع الوصلة إذا ما كان ذلك مطلوباً .
- ❖ ثبت الماسورة في الحشوة المتفجرة.
- ❖ تمويه الماسورة قدر الإمكان.
- ❖ إنزع الضامن الأصلي (من تحت صفحة الضغط) أولاً ثم إنزع الضامن الفرعي من أمام الناقر.

طريقة النزع :

يجب مراعاة الأمور التالية إذا ما أريد نزع ماسورة الضغط:

- ازالة التراب عن الماسورة بهدوء وحذر بشرط أن لا تلمس صفحة الضغط .
- يتم إظهار مكان الضامن الفرعي ويوضع في مكانه .
- يتم نزع الماسورة من العبوة ثم الكبسولة والصاعق من الماسورة .

ماسورة الضغط والشد الإسرائيلية:

هناك ماسورة اسرائيلية تعمل على **<u>الضغط والشد</u>** ولها ضامن واحد وهي ظاهرة في الصورة.

ماسورة الشد الأمريكية M1:

عناصر الماسورة : **ماسورة شد** وهي عبارة عن أنبوب معدني (قطر ١٤ ملم، طول ٨,٥ سم) ينتهي من الخلف بحلقة مثبتة بمسمار الشد ومن الامام بفتحة محلزنة لتثبيت الكبسولة ، ومن الداخل تحتوي على نابض وناقر مضغوط الى الخلف بواسطة مسمار السحب .

للماسورة ضامنين : أصلي وفرعي .

الأصلي مثبت بجسم الماسورة يمنع مسمار السحب من الحركة .

الفرعي مثبت بجسم الماسورة أمام الناقر ويمنعه من الوصول الى الكبسولة .

طريقة الزرع:

- تجهيز الماسورة بالكبسولة(إذا لم تكن مجهزة بها أصلا)..
- انزع طبة الحماية وثبت مكانها صاعق عادي بواسطة الكبس. يجب أن لا يتم الكبس على مسافة أبعد من ٦ ملم من فتحة الصاعق.
- ثبت الماسورة في الحشوة المتفجرة.
- وصّل سلك الشد بالماسورة (بعد أن يكون قد تم تثبيته من الجهة المقابلة).
- تمويه الماسورة قدر الإمكان.
- إنزع الضامن الأصلي (من تحت حلقة السحب) أولاً ثم إنزع الضامن الفرعي من أمام الناقر .

Firing Device, M1 جهاز إشعال

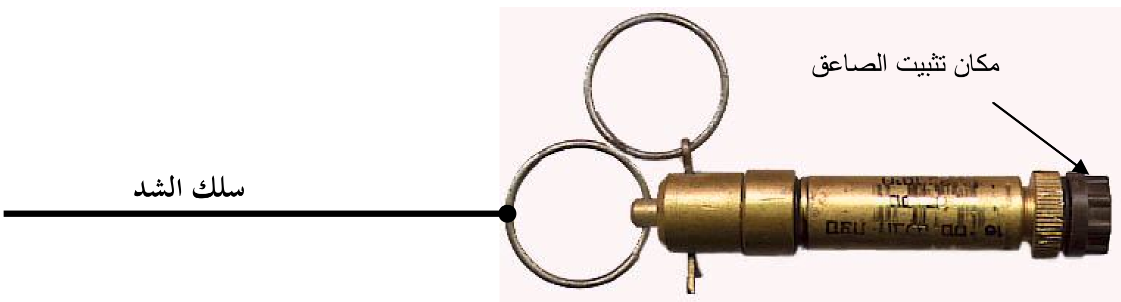
طريقة النزع:

- نزع التمويه بحذر.
- وضع الضوامن.
- فصل العبوة عن الماسورة (قطع الفتيل).
- فصل الصاعق عن الماسورة.
- قبل قطع السلك يجب تفحص طرفي السلك للتأكد من عدم وجود ماسورة أخرى ، واثناء تفحص وتتبع سلك التعثر وعلى طول مساره يجب التأكد من عدم وجود الغام افرادية تحته وأيضا الانتباه من عدم تقاطع أسلاك تعثر. بعد التأكد من عدم وجود ماسورة أخرى يتم قطع السلك.
- تفصل الماسورة عن الوتد ويمنع نزع الوتد من مكانه أو تحريكه .

ملاحظة : عند عملية نزع أي ماسورة يجب مراعاة الإجراءات المذكورة في عملية التعاطي مع الأفخاخ .

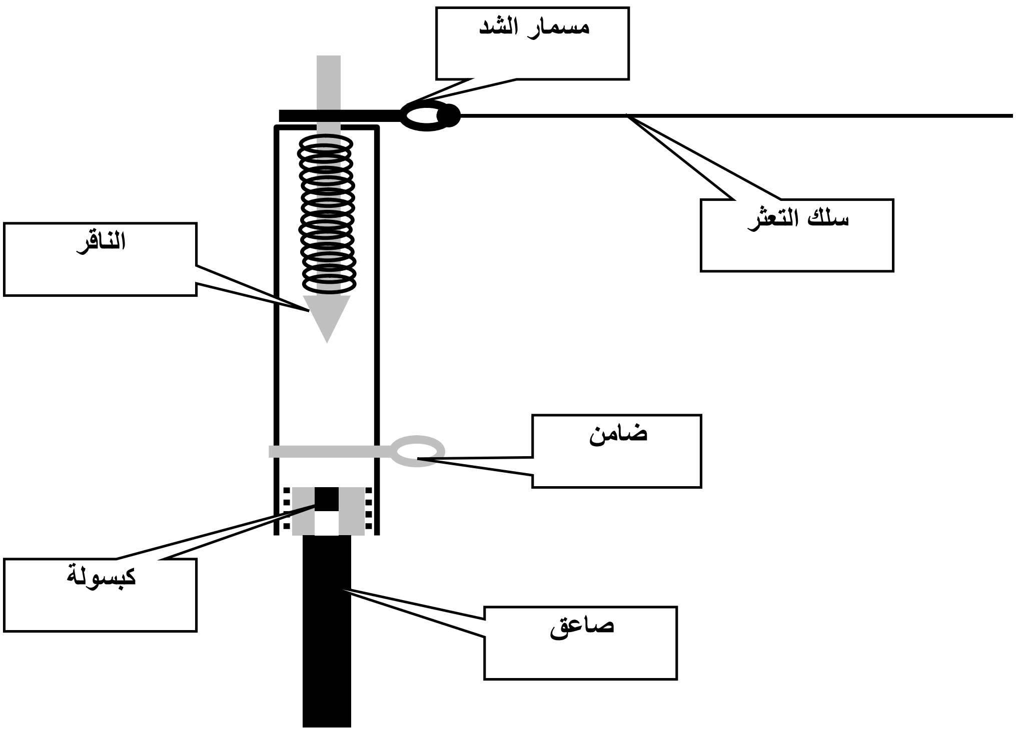
ماسورة الشد الاسرائيلية

يستعمل العدو الصهيوني في التشريكات وحقول الألغام مواسير شد مشابهة للماسورة المستعملة في اللغم الإسرائيلي ، إلا أنـه يوجد مواسير شد صنع اسرائيلي . **الماسورة تعمل على الشد الموازي لبدن الماسورة**. ولها ضامن واحد وهي مبينة في الصورة.



ماسورة الشد النحاسية:

وهي عبارة عن أنبوب نحاسي ينتهي من الخلف بحلقة مثبتة **بمسمار الشد** ومن الامام بفتحة محلزنة لتثبيت الكبسولة ، ومن الداخل تحتوي على نابض وناقر مضغوط الى الخلف بواسطة مسمار السحب .



للماسورة ضامن واحد يقع أمام الناقر ويمنعه من الوصول إلى الكبسولة.

طريقة الزرع:

- ثبت الصاعق والكبسولة بالطرف السفلي من الماسورة.
- ثبــت الماســورة فــي الحشــوة المتفجـرة أو ثبــت الفتيــل بالصاعق بالطريقة المناسبة (رباط بلاستيكي، تلصيق......).
- وصّل سلك الشد بالماسورة (بعد أن يكون قد تم تثبيته من الجهة المقابلة).
- تمويه الماسورة قدر الإمكان.
- إنزع الضامن من أمام الناقر.

طريقة النزع:

- نزع التمويه بحذر.
- وضع الضوامن.
- فصل العبوة عن الماسورة (قطع الفتيل).
- فصل الصاعق عن الماسورة.
- قبل قطع السلك يجب تفحص طرفي السلك للتأكد من عدم وجود ماسورة أخرى ، واثناء تفحص وتتبع سلك التعثر وعلى طول مساره يجب التأكد من عدم وجود الغام افرادية تحته وأيضا الانتباه من عدم تقاطع أسلاك تعثر. بعد التأكد من عدم وجود ماسورة أخرى يتم قطع السلك.
- تفصل الماسورة عن الوتد ويمنع نزع الوتد من مكانه أو تحريكه .

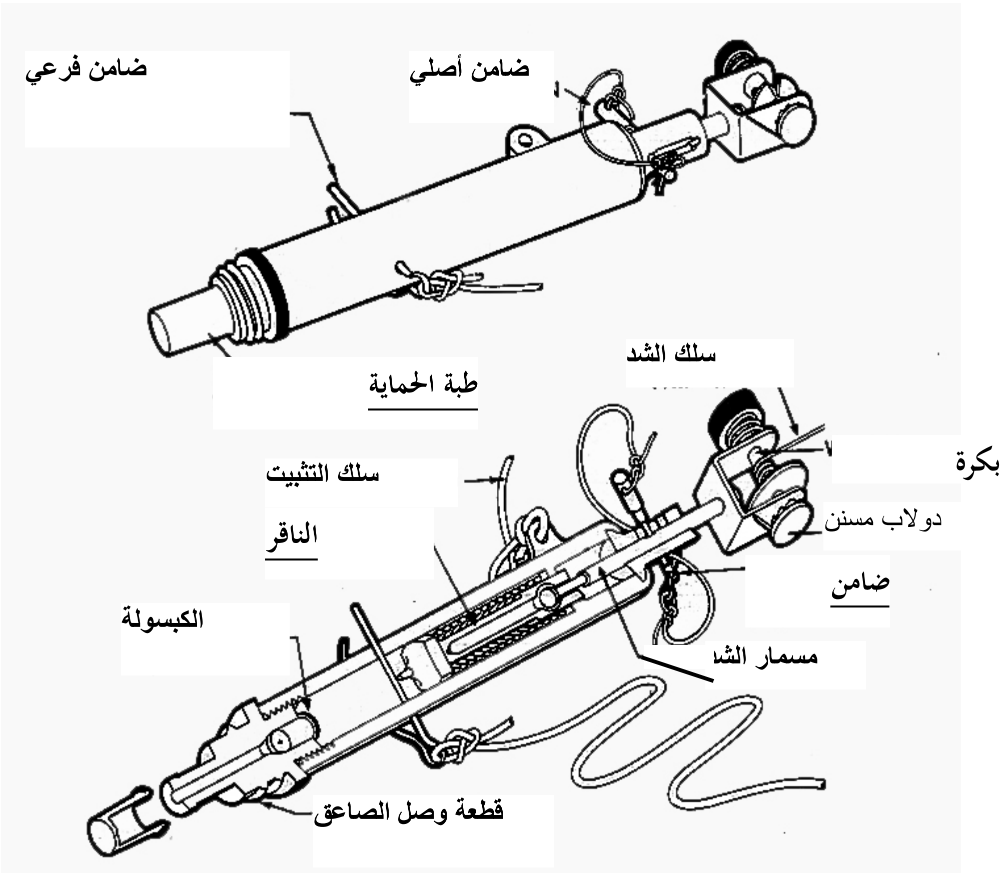
ملاحظة : عند عملية نزع أي ماسورة يجب مراعاة الإجراءات المذكورة في عملية التعاطي مع الأفخاخ .

الماسورة الأمريكية M3 :

وهي ماسورة ميكانيكية تعمل في حالتين :

١. حالة الشد ، وتحتاج الى ١٠ و ١٥ باوند .
٢. حالة قطع الشد ، وتعمل بعد قطع السلك .

عناصر الماسورة : عبارة عن أنبوب معدني أسطواني (قطر ١٤ ملم وطول ٦ سم) تنتهي من الخلف ببكرة مسننة لها ثقب لربط سلك التعثر ومن الأمام بفتحة محلزنة لتثبيت الكبسولة . أما من الداخل فتحتوي على نابض وناقر مضغوط الى الخلف بواسطة ناقر ومثبتة بمسمار السحب المتصل بمحور البكرة .



للماسورة ضامنين : أصلي و فرعي

١- الضامن الأصلي يثبت مسمار البكرة بجسم الماسورة .
٢- الضامن الفرعي : وهو مثبت بجسم الماسورة أمام الناقر ويمنعه من الوصول الى الكبسولة .

طريقة الزرع:

يتم تجهيز هذه الماسورة بنفس طريقة ماسورة الشد . أما الاختلاف يكون في تعيير سلك التعثر ، ويتم ذلك بواسطة البكرة وذلك ببرمها حتى يصبح الضامن الأصلي قابل للحركة بسهولة (تركيب و نزع) ، عندها نوقف عملية الدوران ويتم نزع الضامن الأصلي ثم الفرعي .

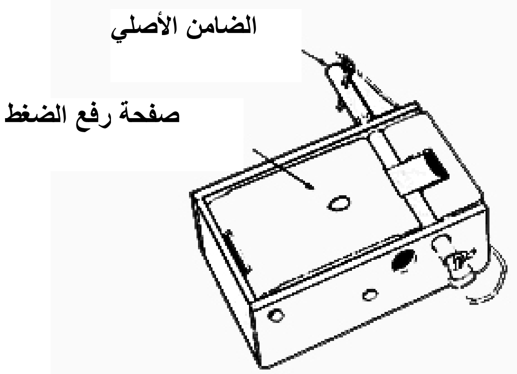
كيفية النـزع :

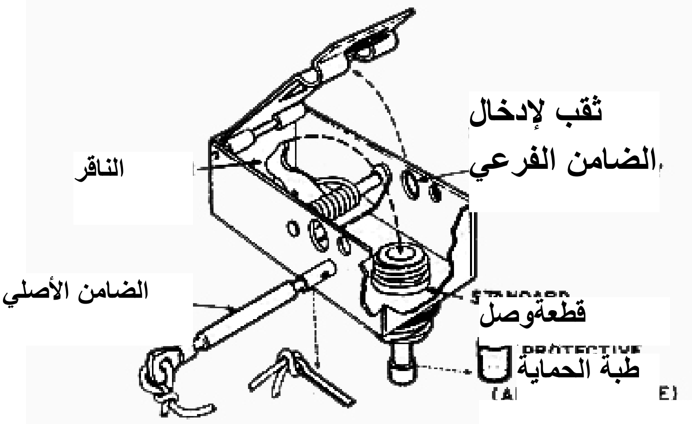
يتم تعطيل ماسورة الشد و قطع الشد بنفس طريقة ماسورة الشد .

تنبيه : لا تقطعهلكاً مشدوداً ، ولا تشد سلكاً مرخياً .

ماسورة رفع الضغط الأمريكية M5:

وهي عبارة عن علبة معدنية مستطيلة الشكل (٤,٥*٢,٤*١,٧٥سم) تشبه علبة الكبريت ، وتحتاج إلى ثقل ٥ بوند (٢,٥ كلغ) لتجهيزها.





طريقة الزرع:

❖ أدخل سلك سميك في ثقب الضامن الفرعي.

❖ إطوي طرفه قليلا كي لا ينزلق من مكانه.

❖ بينما تثبت الصفحة انزع ضامن التأمين من مكانه وضع مكانه سلك سميك.

❖ انزع طبة الحماية وثبت مكانها صاعق عادي بواسطة الكبس. يجب أن لا يتم الكبس على مسافة أبعد من ٦ ملم من فتحة الصاعق.

❖ ثبت الماسورة بالشحنة المتفجرة.

❖ ركز الشحنة في مكانها وضع ثقل أكثر من خمسة بوندات على الصفحة.

❖ بشكل هادئ ومن دون تحريك الحشوة أو الماسورة أو الثقل الموضوع، اسحب السلك الموضوع في مكان الضامن الأصلي ومن ثم إنزع السلك الموضوع في ثقب الضامن الفرعي. يجب أن يسحب السلكان بسهولة فيما لو كان الثقل الموضوع على الصفحة كافيا ومثبتا بشكل مناسب.

طريقة النـزع:

بشكل عام عند اكتشاف عبوة مجهزة بماسورة رفع ضغط، يجب التخلص منها في مكانها بتفجيرها من دون تحريكها. أما في حال دعت الضرورة إلى نزعها يمكن القيام بالخطوات التالية:

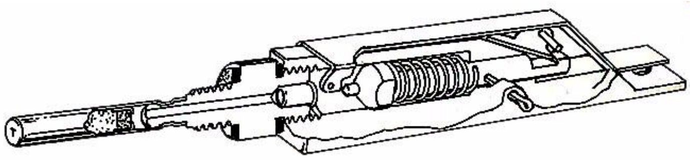
- يحفر بجانب الجسم بكل هدوء وحذر وخاصة بجانب نقاط ارتكازه بشرط أن يبقى الجسم متوازي. وفي حال تم العثور على ماسورة M5 يتم إظهار الثقب الموجود بجانب الماسورة كونه مخصص لتعطيلها ثم يتم إدخال ضامن معدني من خلاله حتى يخرج من الجهة الثانية .
- يتم فصل الماسورة عن الشحنة المتفجرة.
- يتم فصل الصاعق عن الماسورة.
- حاول ادخال سلك مكان الضامن الأصلي (غير لازم) ومن ثم انزع الثقل الموجود على صفحة الضغط بواسطة سلك عن بعد.

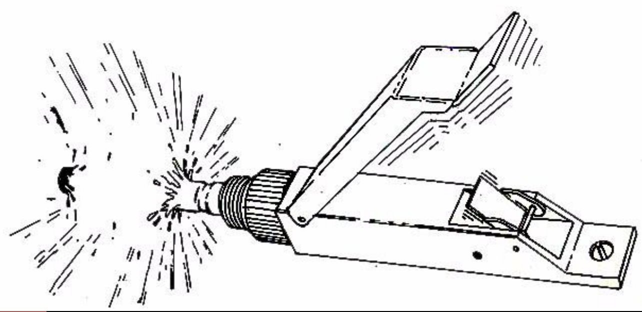
ماسورة رفع الضغط البريطانية رقم ٦

وتصنعها عدة دول أخرى مثل يوغسلافيا والعدو الصهيوني ووجدت في عدة عبوات مفخخة وضعها العدو الصهيوني. وهي عبارة عن علبة مستطيلة الشكل (١,٦*١,٦*٨سم) .

طريقة الزرع:

❖ ثبت الصاعق في مكانه مقابل الكبسولة.
❖ ثبت الماسورة بالشحنة المتفجرة.





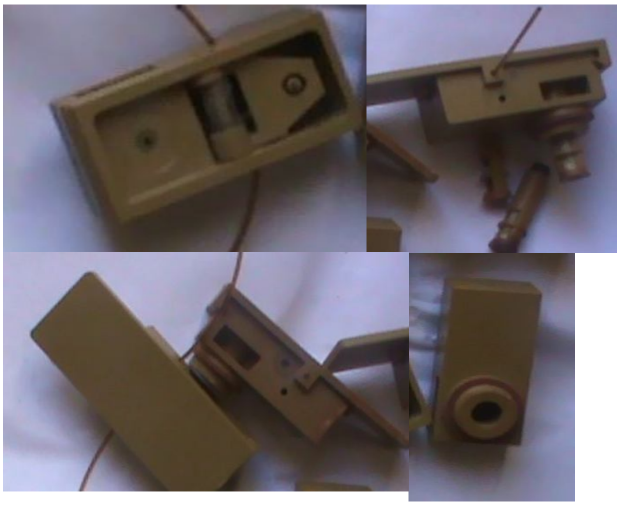
- ❖ ركز الشحنة في مكانها وضع ثقل أكثر من ٣ كلغ على الصفحة.
- ❖ بشكل هادئ ومن دون تحريك الحشوة أو الماسورة أو الثقل الموضوع إنزع الضامن من مكانه، في حال كان سحبه صعبا، يجب إضافة ثقل على الصفحة حتى يصبح سحب الضامن سهلا.

طريقة النزع:

بشكل عام عند اكتشاف عبوة مجهزة بماسورة رفع ضغط، يجب التخلص منها في مكانها بتفجيرها من دون تحريكها. أما في حال دعت الضرورة إلى نزعها يمكن القيام بالخطوات التالية:

- يحفر بجانب الجسم بكل هدوء وحذر وخاصة بجانب نقاط ارتكازه بشرط أن يبقى الجسم متوازي. وفي حال تم العثور على ماسورة 6 N0 يتم إظهار الثقب الموجود بجانب الماسورة كونه مخصص لتعطيلها ثم يتم إدخال ضامن معدني من خلاله حتى يخرج من الجهة المقابلة. وفي حال عدم امكان إدخال ضامن فلا يمكن تعطيلها.
- يتم فصل الماسورة عن الشحنة المتفجرة.
- يتم فصل الصاعق عن الماسورة.
- انزع الثقل الموجود على صفحة الضغط بواسطة سلك عن بعد.

جهاز العمل للعبوات الايطالية



وهي عبارة عن علبة بلاستيكية بها ناقر كما بجهاز عمل القنبلة وبها فتحتان احداهما للامان حين التجهيز ويوضع الصاعق في الفتحة السفلى وبالامكان استخدامها صواعق لحظية للاحزمة الناسفة والسيارات المفخخة .

المشاعل الكهربائية

الحراقة (المشعلة الكهربائية) :

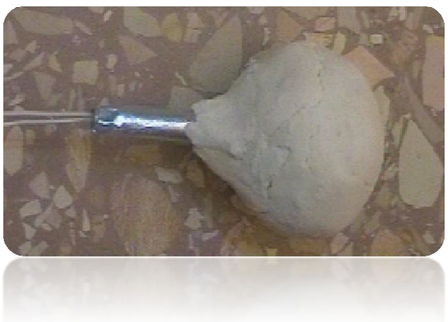
❖ تتكون الحراقة الكهربائية من مصدر كهربائي (البطارية مثلا أوميناتور تفجير) – أسلاك – الصاعق – المادة المتفجرة .

ميناتور التفجير القديم و الحديث

❖ وفي كلا الحالتين العبوة الاشتعالية والعبوة الكهربائية يجب تثبيت الصاعق جيدا في داخل المادة المتفجرة قبل التفجير ، وهناك عدة أشكال لتثبيت الصاعق أو الفتيل الانفجاري تبعا لنوعية المادة المتفجرة .

❖ فإذا كانت المادة المتفجرة صلبة ك TNT فإذا استخدمنا الصاعق فيجب حفر ثقب في المادة بقدر قطر الصاعق تقريبا ، بحيث يكون الصاعق في منتصف القالب تقريبا. وأما إذا كان المستخدم فتيل انفجاري فنقوم بعقد الربطة الوتدية حول القالب ونشدها جيدا كما بالشكل المقابل .

❖ وأما إذا كانت المادة المتفجرة عجينية فيجب وضع الصاعق والفتيل الانفجاري في منتصف المادة تقريبا ، كما هو موضح في الرسم. ولا يجوز لك استخدام الصاعق في الحفر وان كانت المادة عجينية ، كما ويجب لف المادة العجينية بعد وضع الصاعق بلاصق أو



ورق وشده بواسطة خيط حتى لا يتحرر الصاعق من مكانه أثناء الإعداد أو النقل أو الزرع .

مشعل الفتيل الاشتعالي (كهربائي)

وهو مشعل كهربائي من عبارة عن ماسورة نحاسية صمم بحيث يرتبط بالفتيل المشتعل او الصاعق العادي بشرط ان يكون القطر متقارب من بين الجهتين ويكون احيانا من الالمنيوم والماسورة مفتوحة من جهة الاتصال بالصاعق العادي او الفتيل الاشتعالي ، ومقاومة المشعل الكهربائي تساوي ١,٣اوم ويوجد حاليا عدة مشعلات كهربائية تأخيرية بالمللي ثانية حسب الحاجة.

الماسورة الكهربائية لاشعال الفتيل

هناك طريقة اخرى لاشعال الفتيل بواسطة مشعل كهربائي والمشعل يمكن الحصول عليه من خلال قص صاعق كهربائي ويتم وصل المشعل بالفتيل بواسطة انبوب المنيوم صغير ٣سم مثقوب في وسطه بثقبين ٣ملم لتخفيف الضغط وتغلق هذه الثقوب بواسطة لاصق لعزل الفتيل عن الرطوبة ويتم وصل الفتيل والمشعل بانبوب الالمنيوم بواسطة بنس الكبس.

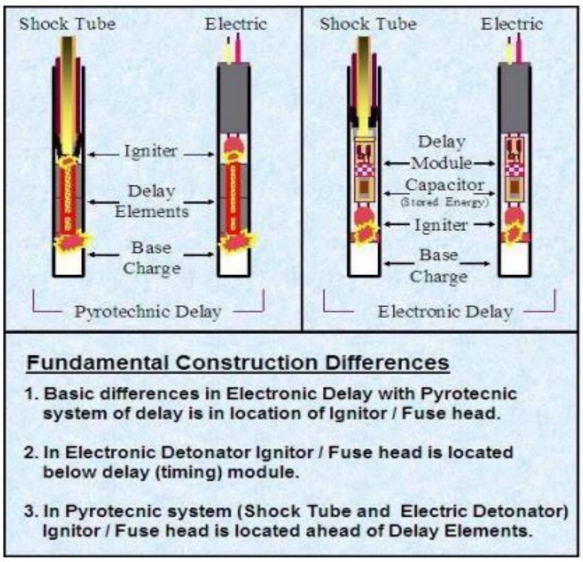
❖ **وفيما بعد في هذا الباب سيتم شرح كيفية قص الصاعق الكهربائي وشرح بنسة الكبس للصواعق بالتفصيل .**

مشعلة انبوبة الصدم:

هي براعة اختراع جديدة حيث لا يستخدم فيها الكهرباء وصممت في البداية للعمل في التطبيقات العسكرية لكنها الان تستخدم عسكريا ومدنيا وتستخدم لتفجير الصواعق العادية واشعال الفتائل الاشتعالية واي خليط اشتعالي وتعتبر آمنة جدا في الاستخدام بالمقارنة مع الكهرباء لانها لا تتأثر بالموجات الكهرومغناطيسية وتتكون من أنبوب من الالمنيوم او سنانلس ستيل رقم ٣١٦ وحاليا اصبح يوجد منها انبوبة صدم بلاستيكية ولا يستخدم فيها بطارية تفجير وطولها يتراوح من ٣٠ م وحتى ٣٢٠ م حسب الحاجة وهي ملفوفة على بكرة وتبقى فعالة لمدة ١٠ سنوات اذا استخدمت بشكل صحيح ويمكن اشعالها من خلال شد سلك الامان فقط والذي يحتاج قوة شد تساوي ٢,٧ كجم .

صاعق عادي تأخيري ٢٥ مللي ثانية مرتبط بأنبوبة صدم بلاستيكي

صاعق عادي مقعر لحظي مرتبط بأنبوبة صدم بلاستيكي

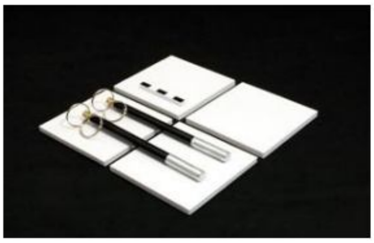


مشعلة الاحتكاك

M-1 Friction Ignitor مشعل الاحتكاك

مشعل احتكاك تأخيري لمدة ١٥ ثانية

المشعلة الكيميائية



e-Delay Pencil Detonator صاعق على هيئة قلم كيميائي تأخيري

المشعلة النارية

الخليط الاشتعالي الموجود على رأس الاصبع الخشبي يتم اشعاله من خلال الاحتكاك مع الشريط الاشعالي ولكن ما يميز هذا الاشتعال انه يولد حرارة عالية ودخن لكن بدون لهب لذلك يستخدم في التطبيقات العسكرية لاشعال الفتائل.

المشعل الليزري

نادرا ما يستخدم ويتم تحفيز المتفجرات للانفجار من خلال الياف بصرية.

أشهر الصواعق في خراسان

النوع الأول والثاني والثالث: صواعق ميكانيكية فورية تستخدم في الالغام وتستخدم حديثا للأحزمة الناسفة والسيارات المفخخة، وتنفجر بمجرد ان تضرب الابرة الكبسولة، وهي صواعق روسية الصنع مجوفة من الاسفل.

النوع الرابع: صاعق ناري يعمل مع كبسولة اشتعالية وهو فوري ناري ميكانيكي ومركب فيه الكبسولة .

النوع الخامس : صاعق ناري يعمل بالفتيل الاشتعالي وياخذ حرارة مباشرة من الفتيل على شكل نفثة نارية وهو مفتوح من الاسفل وهو باكستاني الصنع ويعمل ايضا مع الصواعق الكيميائية.

ملاحظة: هو نفسه الصاعق رقم ٢ ولكن هنا يعمل مع الفتيل.

النوع السادس: صاعق ميكانيكي فوري روسي الصنع كبير الحجم.

النوع السابع: صاعق ميكانيكي تاخيري يستعمل في القنابل اليدوية وبه بارود لا دخاني تأخيري.

النوع الثامن: صاعق كهربائي فوري روسي DC يستعمل في الأحزمة الناسفة والسيارات المفخخة والتخريب، ويستعمل مع الريموتات وساعات التوقيت وينفجر بالتيار المستمر DC والتيار المتردد AC مع مراعاة الفروق بينهم في استخراج الفولت والأمبير.

النوع التاسع: كهربائي تأخيري DC وهذا النوع من الصواعق التي لا تنفجر عند وصول التيار الكهربائي اليها الا اذا انتهت المدة التوقيتية المحددة للصاعق وهو انواع يبدأ بثانية واحدة الي ثواني عديدة ويأتي رقم التوقيت في هذا النوع من الصواعق في اسفل الصاعق من جهة المادة المنشطة ومكوناته نفس مكونات الصاعق الكهربائي إلا أن بين سلك التنجستين وبين المادة المحرضة بارود لدخاني تأخيري وغالبا يكون الصاعق نحاسي .

النوع العاشر : صاعق كهربائي فوري باكستاني ويستخدم مع الريموتات وساعات التوقيت والسيارات المفخخة وفي النسف والتخريب وينفجر بالتيار المستمر مع مرعاة الفرق بينهم في استخراج AC والتيار المتردد DC الفولت والأمبير وهو مثل الصاعق رقم 8 غير أن هذا باكستاني الصنع.

النوع الحادى عشر : صاعق كيميائي تأخيري يأتي جاهز مع الصاعق ومدته التأخيرية حسب لونه الأحمر من 15 إلى 30 دقيقة.

النوع الثاني عشر : صاعق كيميائي تاخيري يأتي بدون صاعق ويعمل مع الصاعق الناري الذي يعمل مع الفتيل ومدته التأخيرية حسب اللون .

<u>ملاحظة :</u> الصواعق الكيميائية الموجودة في ساحات الجهاد غالبا تكون غير دقيقة في الوقت ونحذر المجاهدين منها ، ويجب عدم إستعمالها.

النوع الثالث عشر : هو نفسه الصاعق رقم 4 ولكن هنا بشكله الكامل وهو ناري فوري يعمل مع كبسولة إشتعالية.

النوع الرابع عشر : صاعق كهربائي فوري يعمل على التيار المترددAC ويعمل على المفجر العسكري ولا ينفجر على البطاريات أيضا لأنه يحتاج فولت عالي جدا DC ويصلح في التشريكات داخل المنازل.

ملاحظة : كل الصواعق التي تعمل على البطاريات DC تعمل أيضا على التيار المتترددAC أما الصواعق التي تعمل على التيار المتردد AC فهي لا تعمل على البطاريات DC .

<u>بعض أشكال الصواعق وأنواعها :</u>

نموذج لصواعق مختلفة وبعض أجزائها

نموذج لبعض الصواعق الكهربائية التأخيرية

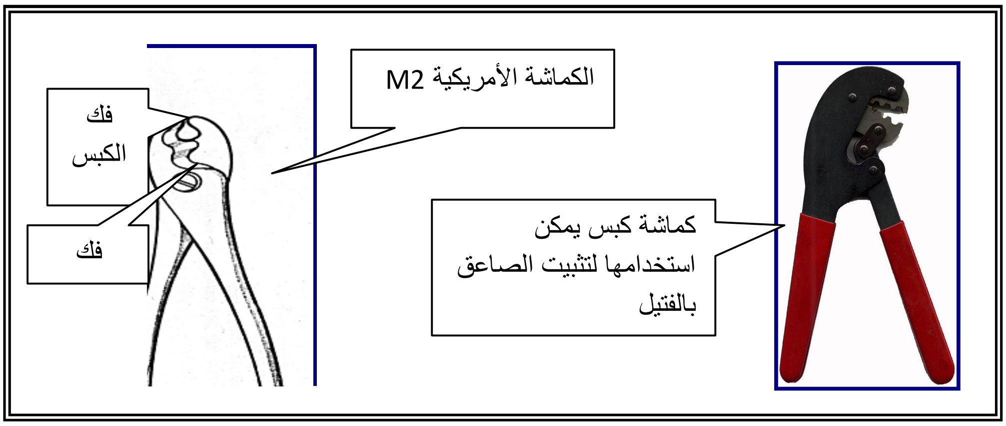
بنسة الصاعق M2

وتستعمل لكبس الصاعق الاشتعالي على الفتيل التاخيري أوالفتيل الانفجاري .

كبس الصاعق على الفتائل يجب أن يكون كافيا لضمان عدم انفصال الفتيل عن الصاعق ولكن الكبس لا يجب أن يكون كبيرا بشكل انه يؤثر على احتراق البارود أو انفجار المواد في الفتائل . البنسة M2مصممة لتكبس بمقدار معين ومناسب للشرط المذكور آنفاً . الجزء الخلفي من فكي البنسة حاد ويمكن استعماله لقطع الفتائل الانفجارية والاشتعالية . إحدى ذراعي البنسة ذا رأس دائري ومحدب ويستعمل لفتح فجوة للصاعق في المواد المتفجرة . رأس الذراع الأخرى مصنوع على شكل مفك للبراغي . هذه البسة مصنوعة من معدن ناعم لا يتأثر بالجرقة الكهربائية (ولكنه موصل للكهرباء) .

لا ينبغي استعمال بنسة الصاعق كبنسة عادية بالأخص فك القطع ويجب المحافظة على نظافتها .

ملاحظة : هذه البنسة تشكل مانعاً للرطوبة حول الصاعق التفجيري إلا أنه يجب وضع مواد عازلة للماء إذا ما أريد استعمال الصاعق تحت الماء .



كيفية قص الصاعق الكهربائي:

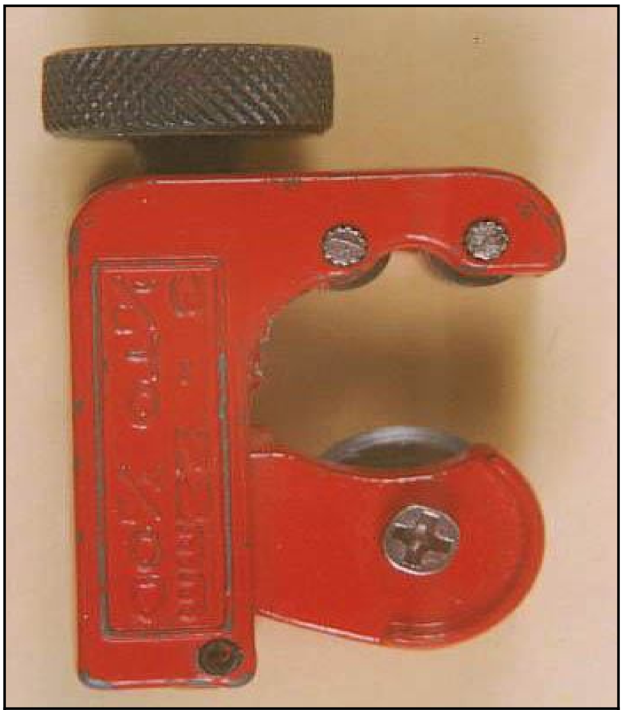
الهدف من عملية القص هو الحصول على مشعل كهربائي أو صاعق اشتعالي .ولان العملية محفوفة بالمخاطر يجب الالتفات إلى الأمور التالية:

- عدم القيام بقص الصاعق إلا في الحالات الضرورية .
- ارتداء واقي الأعين ودرع حين القيام بهذا العمل .
- استعمال القاطعة الدورانية وابعاد اليدين عن الجسم قدر الإمكان.
- مسك الصاعق من جهة الأسلاك وابعاد الأصابع عن المواد قدر الإمكان.
- مراعاة الاحتياطات التأمينية للصواعق.

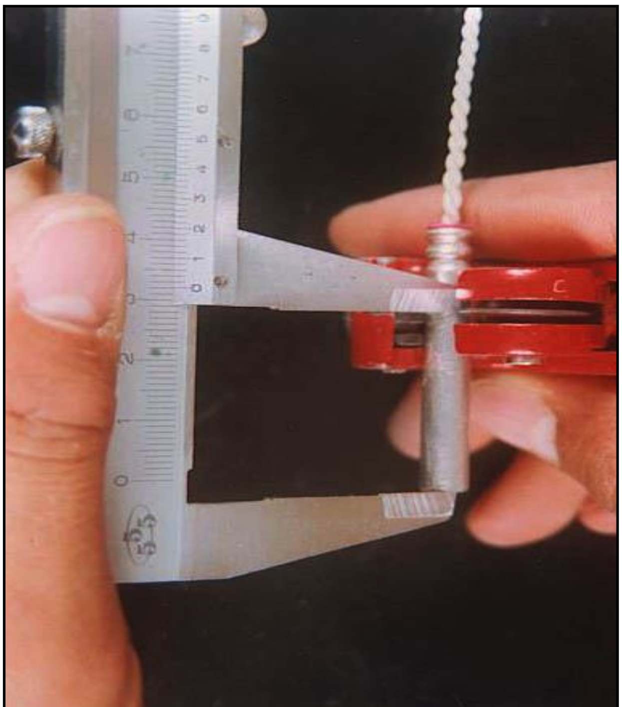
ان تحديد مكان وجود المواد الحساسة في أي نوع من الصواعق المراد قصها عن طريق قصه بهدوء ومرونة منتاهية ضمن مسافة لا تتجاوز ربع الطول من جهة الاسلاك وبعد فصله قطعتين ومعاينة المواد الحساسة قياسياً عندئذ يمكننا تحديد مكان القص ويجب اعطاء الاحتياط الى جهة المواد الحساسة تقريباً .

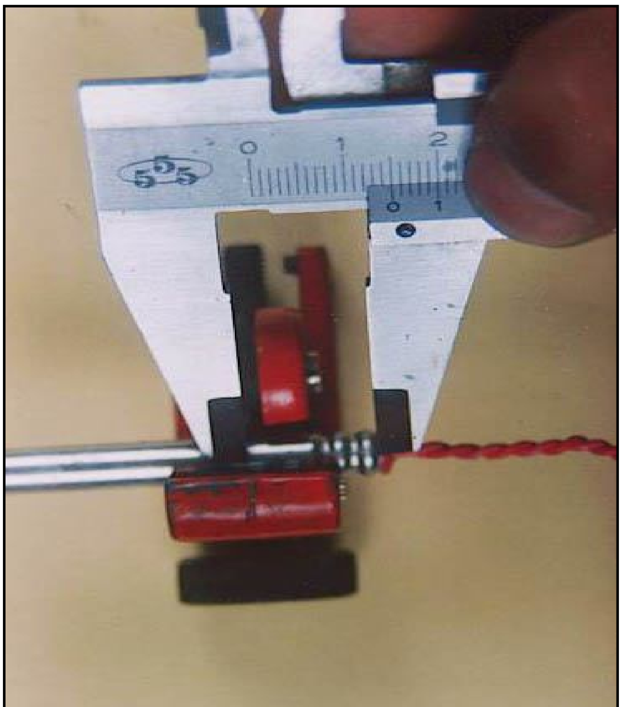
<u>وفي حال لم يكن القياس دقيقاً لمسافة القص قد يحصل ما يلي :</u>

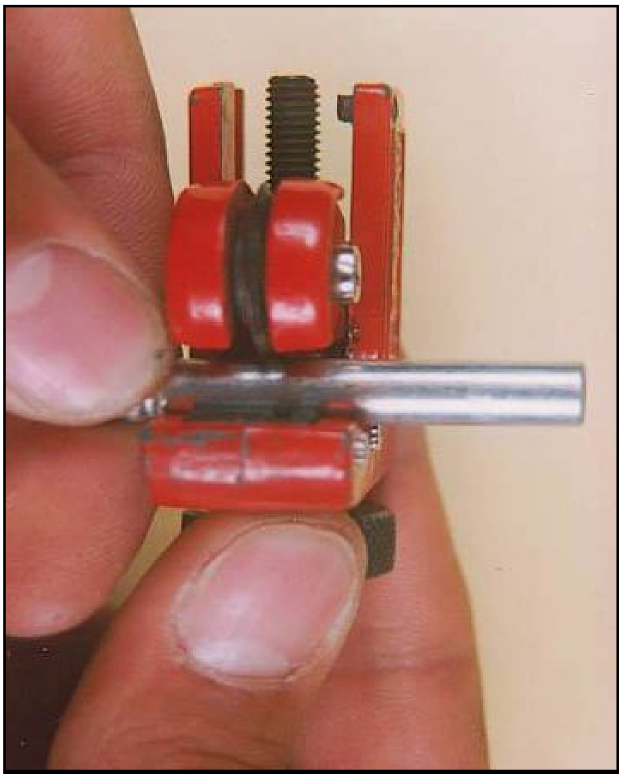
١- انفجار الصاعق نتيجة ملامسة القاطعة للمواد الحساسة .
٢- تلف الصاعق نتيجة ملامسة القاطعة للمقاومة الكربائية وتفتت المواد.
٣- اشتعال المقاومة نتيجة الاحتكاك مع القاطعة وبالتالي انفجار الصاعق .


مقص صواعق

نماذج لبعض أنواع الصواعق

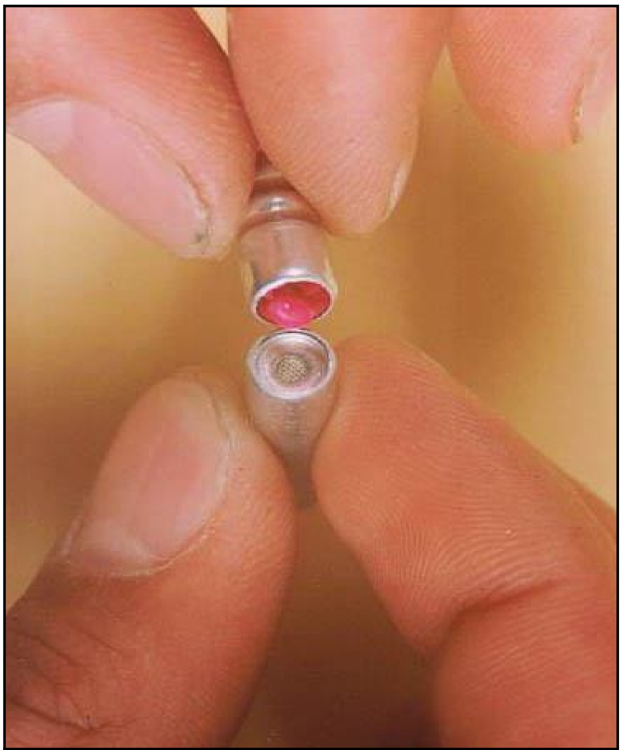

تحديد مكان القطع من الأسفل


تحديد مكان القص من الأعلى

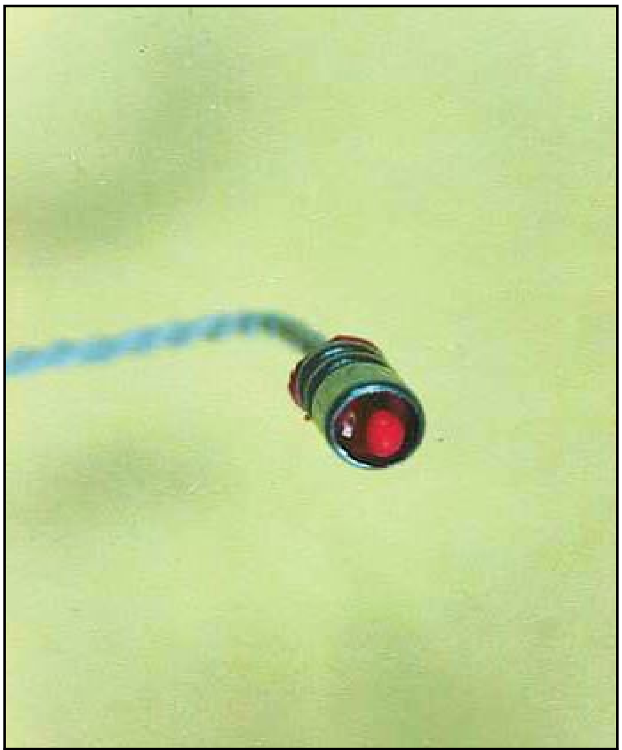


عملية قص الصاعق

هذه الصورة تبين كيفية انفصال الجزاء الأعلى عن الجزاء الأسفل بحيث يحتوي الجزاء الأعلى على مقاوم والجزاء الأسفل على المواد المتفجرة



المقاوم الكهربائي والمواد الحساسة



المقاوم الكهربائي

عند التعاطي مع الصواعق فيجب مراعاة التالي:

١. التأكد من نوع الصاعق المستخدم .
٢. التأكد من صلاحيته : غير معرض لصدمات أو لا يوجد اهتراء في جسمه الخارجي ، أو لا يوجد آثار رطوبة علي سطحه الخارجي ، فالصواعق النحاسية نلاحظ علي سطحها بقع خضراء بينما صواعق الألمنيوم فنلاحظ بقع بيضاء مما يدل على تأثرها بالرطوبة .
٣. إذا كانت كهربائية : فيجب التأكد من عدم وجود شرك بداخلها بحيث تنفجر عند ملامسة السلكي ببعضهما دون استخدام البطارية .وذلك عن طريق فحصه.

خطوات فحص الصواعق الكهربائية:

١. فحص الصواعق للتأكد من خلوها من التشريك .
٢.فحص صلاحية الصاعق فنياً .

أولاً : فحص الصواعق للتأكد من خلوها من التشريك:

١. دفن الصاعق في التربة و يفضل أن تكون رطبة علي بعد ٢٠سم تقريبا أو لفه في بطانية مبللة وذلك لتخفيف من حدة الصوت في حال انفجاره ولتلافي شظاياه .
٢. إحضار وعاء معدني به ماء .
٣. نقوم بمد السلكيين من خلف ساتر ثم نغمس السلك الأول للصاعق الجهة المكشوفة منه في الماء ثم نلامسه للمعدن ثم نخرجه .
٤. نقوم بغمس السلك المكشوف الآخر في الماء ثم نلامسه للمعدن . نقوم بملامسة السلكين مع بعضهما ونجدلهما ولا نفكهما إلا عند الاستخدام في هذه الحالة حتى لو كان هناك شرك فنكون بحول الله تعالي تلاشينا الخطر .

ثانياً : فحص صلاحية الصاعق فنياً :

نقوم بفحص صلاحية أسلاك الصاعق وسلك التنجستين الذي بداخلها والصاعق مازال مدفون ، عن طريق إحضار جهاز قياس المقاومة (آفوميتر) ونضع المؤشر فيه على رمز المقاومة (أوم) ثم نلامس طرفي الآفوميتر بطرفي سلكي الصاعق (المعراة) ولا يوجد قطبية في اسلاك الصاعق.

إحتمالات القراءة:

١ – الساعة تخرج صوت (تزن) وتعطي قراءة.

في هذه الحالة لا نهتم لقيمة القراءة مهما كانت عالية لأن لدينا جهاز التفجير (الفلاش) يمكنه أن يفجر أي صاعق مهما كانت قراءته عالية ، وبالتالي فإن الصاعق يعمل بشكل جيد .

ملاحظة / لا يمكن تفجير الصواعق ذات القراءات العالية بالبطارية القديمة ولكن تتفجر بجهاز التفجير (الفلاش) الجديد بإذن الله .

٢ – الساعة لا تخرج صوت (لا تزن) وتعطي قراءة.

في هذه الحالة فإن الصاعق يعمل بشكل جيد ، لأننا نهتم فقط في القراءة .

وهذه الحالة لا تكون إلا في الصواعق القديمة (الكبيرة) المصنوعة أصلا من سللك التنجستون .

٣ –الساعة لا تخرج صوت (لا تزن) و لا تعطي قراءة.

في هذه الحالة فإن الصاعق لا يعمل ، ويجب العمل على استبداله بسرعة.

و لا تقدم علي استخدامه فلا معني أن أضيع جهود وتضحيات أخوة للوصول إلى الهدف وأكون أنا سبب فشل العمل لا سمح الله.

القواعد العامة أيضا في استخدام الصواعق:

صاعق حين انفجاره

- ❖ التأكد من نوع الصاعق وعدم وضعه في العبوة الا لحظة التفجير ان امكن.
- ❖ التأكد من صلاحية الصاعق قبل استخدامه وعدم وجود اهتراء على جسمه وعدم تعرضه للرطوبة ويظهر ذلك كبقع خضراء في حال الصواعق النحاسية وكبقع بيضاء في حال الصواعق المصنوعة من الألمنيوم .
- ❖ التأكد من ربط طرفي الصاعق وعدم فكهم إلا لحظة العمل وتسمى عملية الربط بعملية (القصر) أي قصر الدائرة على نفسها.
- ❖ التأكد من الوصلات المعراة واستخدام اللواصق عليها وعدم تركها كذلك.
- ❖ عدم تعرض الصواعق (للصدم – الطرق –الضغط– الحرارة مباشرة شعلة أو غير مباشرة كأشعة الشمس أو أحماض) .
- ❖ أثناء النقل نقوم بعزلها عن المواد المتفجرة .
- ❖ أثناء النقل نقوم بعزل الصواعق الكهربائية عن البطاريات .
- ❖ عدم إدخال الفتيل أو سحبه بقوة .
- ❖ عدم إدخال أي جسم مدبب أو صلب كمسمار مثلا للصاعق .
- ❖ عدم حمل الصاعق في الأماكن الحساسة للجسم أو أماكن الارتكاز .
- ❖ حملها في داخل أوعيتها الخاصة أو أوعية بلاستكية كعلب الحلاوة مثلا خصوصا عن النقل حتى لا ترتج .
- ❖ تجنب العمل أثناء الصواعق الكهربائية في الطقس الممطر والمبرق لأن البرق قد يسبب تيارات أرضية عالية قد تصل لـ ٣٠٠٠٠فولت وموجات قادرة علي تفجير الصواعق الاشتعالية و الكهربائية .

❖ تجنب العمل أو حفظ الصواعق بالقرب من محطات الراديو أو الرادار –التلفزيون –وإذا اضطررنا فتكون في داخل علبة معدنية مع جدل طرفي الصاعق .

قوة المرسل (وات)	المسافة الآمنة لبعد الصواعق عن المرسلات (متر)	قوة المرسل (وات)	المسافة الآمنة لبعد الصواعق عن المرسلات (متر)
٢٥ -٥	٣٣	٢٥٠٠-١٠٠٠	٣٣٠
٥٠-٢٥	٥٠	٥٠٠٠-٢٥٠٠	٤٩٥
١٠٠-٥٠	٧٣	١٠,٠٠٠-٥٠٠٠	٧٢٦
٢٥٠-١٠٠	١١٦	-١٠,٠٠٠ ٢٥,٠٠٠	١١٥٥
٥٠٠-٢٥٠	١٤٩	٥٠,٠٠٠-٢٥,٠٠٠	١٦٥٠
١٠٠٠-٥٠٠	٢١٥	-٥٠,٠٠٠ ١٠٠,٠٠٠	٢٣١٠

❖ تجنب العمل بالصواعق الكهربائية بالقرب من خطوط التوتر العالي ويجب الابتعاد عنها لمسافة ١٠٠ م تقريبا ، وفي حال اضطررنا للعمل بقربها فإننا نستخدم الصواعق العادية بفتيل اشتعالي .

❖ برغم صغر حجم الصاعق والكمية التي بداخلها إلا أنها إذا انفجرت في يد الشخص لا سمح الله قد يؤدي إلى بتر جزء منها فيجب ان نتعامل معها برفق .

❖ خزن الصواعق يكون في جو جاف بعيد عن الحرارة والرطوبة .

❖ صواعق الألمنيوم الدولية أفضل من النحاسية .

❖ عند شراء كمية من الصواعق عليك بفحص عينة ويتم ذلك من خلال تفجير عدة صواعق ، وفحصها عن طريق الفولتميتر اذا كانت كهربائية.

❖ لا يمسك الصاعق من ثلثه الاخير.

❖ يمكن استخدام الصاعق الكهربائي تحت الماء لمدة عشرة ايام فقط.

❖ اياك ان تقوم بشد اسلاك الصاعق الكهربائي.

ملاحظات هامة

- ❖ اذا احتاجت عبوة ما كمية من الصواعق فعلى سبيل المثال احتاجت لخمس صواعق فالافضل ان نزيد كمية الصواعق الي عشرة صواعق حسب الامكانية، وذلك لزيادة قوة الصعق ولضمان تفجير ناجح، وفي كل الأحول كن كريما جواد النفس.
- ❖ بالتجربة ثبت أن الصاعق الواحد يمكنه أن يفجر خمسة كجم من مادة TNT.

مثال على أغبى تصرف يمكن أن يقوم به الشخص وهو ضغط الصاعق بالأسنان

صواعق مهترئة لا يجوز العمل بها

صواعق ميكانيكية لحظية مقعرة

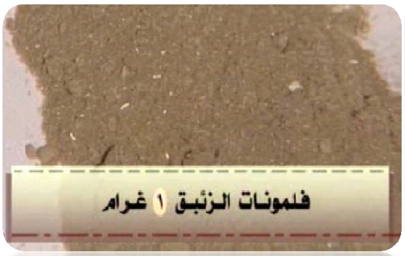
والآن إليكم كيفية صناعة صاعق شعبي وآخر كهربائي بالصور

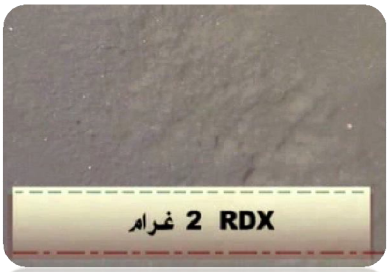
أولا: الصاعق الشعبي (الصاعق الاشتعالي المتفجر)

ولنتابع كما بالصور

أولا: المكونات

علبة مرطبات فارغة ، شريط لاصق، قلم، قطعة من خرطوش، قطعة نايلون رقيقة وشفافة، ومادة فلمنات زئبق ١جم، و RDX ٢جم.





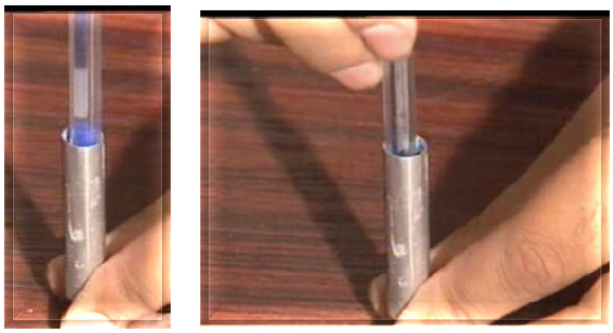
ثانيا: طريقة العمل

- ❖ نحضر علبة مرطبات فارغة ثم نقوم بقص جزء منها كما بالصورة.

- ❖ تقوم بعدها بلف القطعة على القلم لتأخذ الشكل الاسطواني.

❖ ثم نضع شريط لاصق لجمع طرفي الصاعق واغلاق احدى فتحتي الصاعق.

❖ نضع مادة الـ RDX (٢غرام).

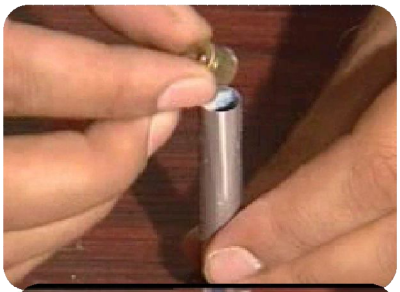


❖ ثم نضغط المادة داخل الصاعق بواسطة قلم.

❖ ثم نضع فلمنات الزئبق.

❖ نأتي بقطعة الخرطوشة بعد أن يتم قدحها مكان الكبسولة ونلفها بقطعة من النايلون.

❖ نأتي بالصاعق ونضع الخرطوشة ثم نضغط بالقلم، بحيث تكون جهة الثقب للأعلى.



❖ وهكذا أصبحت الخرطوشة حاضنة للمواد الحساسة (فلمنات الزئبق).

❖ وبهذه الحالة تمت عملية حصر المواد الحساسة.

❖ وهكذا أصبح الصاعق جاهز للاستخدام كصاعق اشتعالي متفجر.

ثانيا: كيفية صناعة الصاعق الشعبي الكهربائي

بنفس الطريقة ، لكن نضيف بعض الامور ،

أولا: المكونات،

صاعق اشتعالي، لمبة ١,٥ فولت، ورق سنفرة، عيدان كبريت، ساعة فحص(أفوميتر)، معجون لاصق، قطعة نايلون.

ثانيا: طريقة العمل،

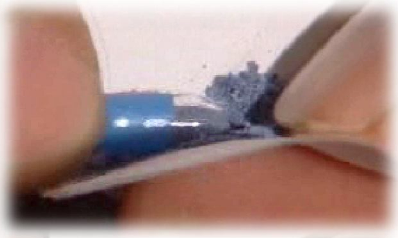
بداية نقوم بحف رأس اللمبة على ورقة السنفرة.

ويستمر الحف حتى نخرق رأس اللمية.

أثناء العمل يجب عدم المس بسلك التنجستن .

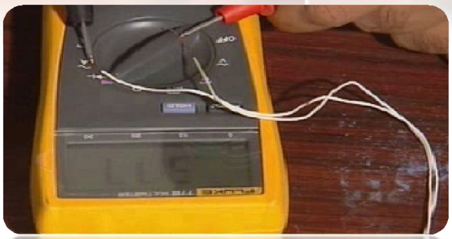
- ❖ نأتي بعيدان الثقاب ونقوم بطحن المادة الكبريتية حتى تصبح ناعمة.
- ❖ **ملاحظة: مادة الكبريت هي عبارة عن مادة كلورات البوتاسيوم**

❖ نضع مادة الكبريت داخل اللمبة من خلال الفوهة.



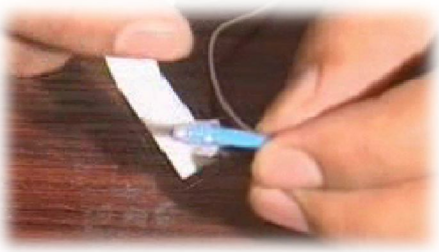
❖ لإغلاق فتحة اللمبة نضع غلاف نايلون.

❖ نقوم بفحص اللمبة للتأكد من صلاحيتها، قبل المباشرة بوضعها داخل الصاعق.



❖ نقوم بوصل السلكين ببعضهما البعض.

للتأكد من وضعية اللمبة في وسط فوهة الصاعق نلف عليها قطعة من الورق.



❖ نضع اللمبة داخل الصاعق.

❖ نضع المادة اللاصقة لاغلاق الفوهة وتثبيت الأسلاك.

❖ هكذا الصاعق الكهربائي وقد أصبح جاهزًا للاستخدام.

آلة صاعق الأمان

حقيقة هذه الفكرة فتح من الله علينا لأنها تسهل عملية صناعة الصواعق للإخوة الذين يتحرجون من صناعتها خشية وقوع الحوادث ولو بالخطأ ، فأحيانا يضغط أحدهم على المادة المحرضة بقوة فتنفجر أو يستخدم آلة حديدية في ضغطها فيتولد احتكاك وتنفجر ولحرصنا على سلامة الإخوة المتعلمين أردت أن أسوق لكم هذه الفكرة.

ملاحظة :لا تستخدم أبدا أدوات حديدية في ضغط وصناعة المتفجرات بالأخص المواد المحرضة والمواد الحساسة الأخرى وفقك الله..

<u>وإليك طريقة عملها</u>

❖ خذ قطعة خشبية مربعة ،قياسها متروك لك ولطبيعة عملك وصاعقك وحجمه وطوله المهم أنك تفهم الفكرة ومن ثم تطبقها بطريقتك واصنع ثقبا في وسط القطعة الخشبية من فوق ، وسعة الثقب يعتمد على قطر الصاعق الذي تستعمله ، وعمق الثقب يعتمد على طول الصاعق الذي تستعمله ، المهم أنك تصنع مكان مناسب للغلاف المستخدم في صناعة صاعقك. وضعت الغلاف المعدني المستخدم في صناعة الصواعق لتحديد وضعه المناسب داخل آلة الأمان ، وتركت جزءا منه بارزا لكي أستطيع تعبئته دون سقوط المواد خارجه.

❖ الآن نضع حول القطعة الخشبية إسفنج مضغوط أو فلين مضغوط كما في الشكل ونقوم بلف كمية مناسبة من الشريط اللاصق حوله لتثبيته ومن ثم نقوم بلف كمية كبيرة عليه بالكامل كما في الصورة التالية ، بعض الأشرطة اللاصقة بها خيوط وهذه مناسبة جدا وجيدة للغاية .

❖ هذه آلة صاعق الأمان في شكلها النهائي حيث يدل اللون الأحمر على مركز الخطر واللون الأزرق على خطورة أدنى ويدل اللون الأسود على الأمان الجيد بالنسبة لآلة الأمان حيث ما عليك القيام به عند رغبتك في تجهيز صاعق ما أن تضع الغلاف المستخدم في صناعة الصاعق في تلك الحفرة أعلاه وثم تقوم بتعبئة الصاعق بمواده المطلوبة وعند قيامك بضغط المادة الأولى – المنشطة– يجب أن تمسك آلة الأمان من أسفل. لكي لا تعرض يدك للخطر المفاجئ عند ضغط إحدى المواد بشكل خاطئ وانفجار الصاعق وهكذا مع المواد الأخرى من محرضة ومشعلة وبالأخص المواد المحرضة لأنها الأخطر والأكثر حساسية.

❖ و ضعنا في آلة الأمان صاعق مكون من مادة منشطة شديدة الانفجار وكتلتها ١ جرام ، ووضعنا مادة محرضة كتلتها ١,٥ جرام من مادة أزيد الرصاص القوية ، ووضعنا نصف جرام مادة مشعلة ووضعنا فتيل كما في الصورة لتفجير الصاعق داخل آلة الأمان لتجربتها ومعرفة مدى نجاح الفكرة .

❖ كما تشاهد فإن الآلة أثبتت جدارتها في امتصاص انفجار الصاعق دون تعريض يد مجهز الصواعق للخطر ، والنتيجة كما تشاهد حدوث حفرة بطول الصاعق داخل القطعة الخشبية وتمزق القطعة الخشبية دون تناثرها بسبب وجود الفلين المضغوط حولها والأشرطة اللاصقة التي امتصت الموجة الانفجارية بفضل الله .

منهجية تدريس هذه الوحدة

للمبتدئ:

نظري :

يعطى فقط رؤوس أقلام أي بداية هذا الباب وتقسيمات الصواعق وشيئ بسيط مما بعده وفكرة عامة عن كامل المواضيع وأهم شيئ يدرس قواعد الأمان لها.

عملي:

- يشاهد الصواعق وأنواعه .
- يقوم بفحص صواعق كهربائية فنياً ويضمن خلوها من التشريك كما تعلم.
- بالإمكان تفجير صاعق أمامه.
- من الممكن صناعة صاعق أمامه.

للمتقدم:

نظري:

كل الباب وبالإمكان استثناء بعض من الموضوعات مثل المشاعل الاشتعالية حسب الوضع.

عملي:

- يتم عرض مجموعة صواعق مختلفة حقيقية او مصورة ويطلب منه التعرف على أنواعها.
- يقوم بفحص صواعق كهربائية فنياً ويضمن خلوها من التشريك كما تعلم.
- يقوم بصنعة آلة أمان لصنع الصواعق أو طريقة مشابهة لفكرتها.
- يقوم بصناعة مشعلة كهربائية من لمبة صغيرة.
- يصنع صاعق كهربائي واشتعالي لحظي وآخر تأخيري.
- يقوم بتطبيق عملي بعد ان ياخذ فكرة عن الصواعق الكيميائية.
- يقوم بقص الصاعق الكهربائي الأصلي وتحويله إلي طرفي.
- يقوم بقص الصاعق الميكانيكي الأصلي ويحوله إلي طرفي أو كهربائي.
- إن لم يوجد صاعق كهربائي أو ميكانيكي يقوم بقص ماسورة كما قص الصاعق العادي.
- يقوم بصناعة ماسورة شد شعبية بطريقة بدائية.

الأمر الثاني من الوسائط هو الفتائل

الفتـــــــــائل

هي وسيلة نقل للموجة الانفجارية أو الشعلة من مكان إلى مكان آخر .

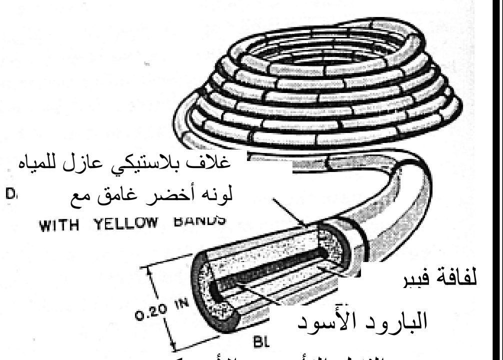
الفتائل تقسم إلى قسمين من حيث الوظيفة :

١. الفتائل الاشتعالية .
٢. الفتائل الانفجارية .

أولاً : الفتيل الاشتعالي:

عبارة عن أنبوب (بلاستيكي – زفتي – قماشي) بداخله مادة مشتعلة وهو أحد وسائل نقل الشعلة.

لا يحتاج إلى الأكسجين الخارجي لأنه جزء من مكونه الرئيسي ، بمعنى أنه يمكن إشعاله تحت التراب وفي الماء شرط أن يكونا طرفي الفتيل خارج الماء وكذلك الغلاف الخارجي من النوع العازل .



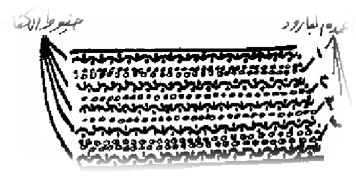
الفتيل التأخيري الأمريكي

خصائص الفتيل الاشتعالي

- ❖ يعود اكتشافه الي القرن العاشر عندما كان الصينيون يستخدمونه في الالعاب النارية على شكل بارود اسود في ورقة ملفوفة ثم يقومون باشعالها
- ❖ استخدم وليام بيكفورد الفتيل الاشتعالي لأول مرة عام ١٨٣١، واستخدم فيه البارود الأسود.
- ❖ كمية الغاز الناتجة من احتراق ١سم من الفتيل الاشتعالي تساوي ١٥-٢٠ مل لتر غاز، معظمه من غاز ثاني اكسيد الكربون لكن يوجد ايضا نيتروجين واول اكسيد الكربون واول اكسيد النيتروجين

- ❖ يجب عدم ثني الفتيل حتى لا تتباعد حبيبات البارود عن بعضها
- ❖ يجب عزل طرفي الفتيل عند التخزين بمادة عازلة حتى لا تتسرب الرطوبة للفتيل
- ❖ قبل استخدام الفتيل نقوم بأخذ قطعة منه لتجريبها (قياس زمن اشتعال الفتيل)
- ❖ الفتيل الاشتعالي يكون لونه أسود أو أخضر جيشي والتجاري لونه برتقالي فسفوري لتمييزه عن الفتيل المتفجر الذي يأتي بالوان فاتحة مع العلم يوجد الكثير من الالوان حسب الدول والشركات المصنعة.
- ❖ تستخدم في تفجير الصواعق العادية
- ❖ يوجد منه فتائل مضادة للماء ومنه غير مضادة للماء
- ❖ بعض الفتائل التي تحتوي على ميزان اكسجين جيد تستخدم في المناجم والانفاق لان الغازات الناتجة من احتراقه لا تكون سامة
- ❖ بعض الفتائل عندما تشتعل لا يمكن رؤية نيران اشتعالها، بمعنى يكون احتراقها داخلي فقط وفي بعض الفتائل يمكن رؤية نيران اشتعالها فيكون احتراقها داخلي وخارجي
- ❖ لا فرق بين الفتائل الاشتعالية المختلفة في سرعة الاشتعال من حيث الشكل ولكن يمكن التمييز بينهم باشعال قطعة من الفتيل فالفتيل البطئ سرعته ١سم/ث والسريع ٣٠سم/ث واما اللحظي فقد تصل سرعته ٣٣م/ث.
- ❖ سرعة اشتعال الفتيل التأخيري تختلف باختلاف نوع الفتيل وحتى باختلاف لفة الفتيل أحيانا لذلك يجب دائما فحص عينة من نفس الفتيل قبل استخدامه.
- ❖ تتغير سرعة الاشتعال باختلاف الظروف المحيطة كالتغير الكبير في درجة الحرارة.
- ❖ التأكد من سرعة الفتيل يجب أن تتم في نفس مكان استعماله وينبغى أخذ الاحتياط الكامل عند استعماله تحت الماء لان سرعته ترتفع باضطراد مع العمق لذا يجب فحص عينه منه تحت الماء اذا ما أريد استخدامه لذلك
- ❖ على درجات الحرارة المنخفضة جدا يصبح الغلاف الخارجي هشاً وينكسر بسهولة
- ❖ الفتائل الاشتعالية العسكرية الامريكية يوجد منها نوعين M 700 Time Fuse و Safety Fuse

أقسام الفتيل الاشتعالي :



قطاع طولي بالفتيل الاشتعالي

إذا أخذنا مقطع عرضي للفتيل فإننا سنجده يتكون من الأقسام التالية :

١. **غلاف خارجي: و يوجد منها عدة أنواع:**

✓ **بلاستيكي** : ويستخدم في الأماكن العالية الرطوبة وسائر الأماكن ، وهو الأكثر شيوعا في الاستخدام ونجده بألوان مختلفة.

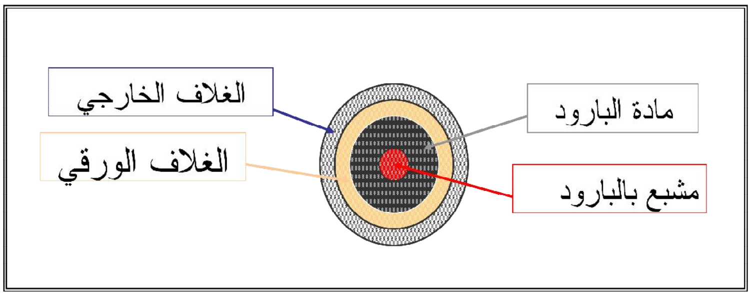
✓ **زفتي** : ويستخدم في الأماكن الرطبة.

✓ **قطني أو قماشي** : ويستخدم في الأماكن الجافة.

٢. **غلاف الداخلي (خيوط كتان)** .

٣. **البارود** : مائل لونه إلى الرمادي .

٤. **خيط مشبع بالبارود:** دوره المحافظة على استمرار الشعلة في حالة حدوث انقطاع في البارود .



قطاع عرضي في الفتيل الاشتعالي

وينقسم الفتيل الاشتعالي الي ثلاث أنواع من حيث السرعة:

١- الفتيل البطئ

٢- الفتيل السريع

٣- الفتيل اللحظي

أولاً : الفتيل الاشتعالي البطئ

سرعته ٠,٥–٣,٥ سم/ث حسب الدولة المصنعة وعند يهود يستخدموا فتيل سرعته ٣سم/ث، ويستخدم الفتيل لإعطاء مدة أمان ليتمكن العناصر من الابتعاد عن مكان الانفجار، لذلك يسمى الفتيل الآمن.

فتيل اشتعالي بطئ، اشتعاله داخلي خارجي

فتيل اشتعالي بطئ، سرعة اشتعاله ٠,٦ سم/ثانية

فتيل بيكفورد، سرعة اشتعاله ١ سم/ثانية

فتيل اشتعالي بطئ مقاوم للماء قطره ٥,٥ ملم وسرعة اشتعاله ١ سم/ثانية

<u>مميزات الفتيل البطئ</u>:

يتكون من الخارج من القار أو البلاستيك وذلك لحماية البارود الأسود من الرطوبة ويحافظ على قوام الفتيل المرن ويسهل عملية الثني ومن مميزات الغلاف أنه سريع الذوبان عند اشتعال الفتيل مما يساعد على وصول الاكسجين الي الشرارة النارية واستمرارها حتى نهاية الفتيل دون انقطاع

- ❖ خيوط الكتان التي تحت الغلاف فان فائدتها المساعدة على استمرار الشرارة النارية اذ انها تزيد اشتعالها، وأيضا فان خيوط الكتان تعطي قوام الفتيل المرونة المطلوبة لسهولة الاستخدام والثني.
- ❖ حبيبات البارود في الفتيل البطئ فهي أكبر وأخشن من حبيبات البارود السريع وقطر الفتيل البطئ تقريبا ٠,٥ سم وخيوط الكتان غير مشبعة بالبارود.
- ❖ سرعة الفتيل البطئ فهي تتراوح بين ١ –٣ سم/ث
- ❖ يستخدم في التدريب وفي أعمال النسف والتخريب المدنية والنسف والتخريب السريع

فتيل اشتعالي ألماني، سرعة اشتعاله ٣,٥ سم/ثانية

فتيل اشتعالي صيني الصنع غير مقاوم للماء، سرعة اشتعاله ١ سم/ثانية

مقاوم للماء، سرعة اشتعاله 1 سم/ثانية

فتيل اشتعالي بطئ، سرعة اشتعاله ١,٣ سم/

مميزات الفتيل السريع

بالنسبة للفتيل السريع فان مميزاته لا تختلف كثيرا عن البطئ الا بعض الامور التي جعلته اسرع بكثير من البطئ فمن مميزاته

فتيل اشتعالي سريع، سرعة اشتعاله ٦٠ سم/ثانية

- حبيبات البارود فيه اصغر وانعم من الموجودة في الفتيل البطئ
- حبيبات البارود فيه متماسكة ومضغوطة على بعضها اكثر من البطئ
- قطر الانبوب فيه اكبر من الفتيل البطئ
- خيوط الكتان فيه مشبعة بالبارود بخلاف البطئ
- سرعته تتراوح بين ٢٧-٩٠ سم/ث
- يستخدم في الشراك الخداعية
- ملاحظة: في الأجواء القطبية الباردة يصبح الغلاف الخارجي للفتيل صلبا خاصة اذا كان الغلاف من مادة القار وعند ثنيه بقوة قد ينكسر فلنراعي ثنيه برفق

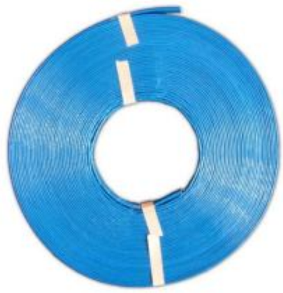
طريقة تثبيت الفتيل الاشتعالي في الصاعق العادي

- ❖ نقوم بتهيئة الفتيل عن طريق قطع أحد اطرافه بشكل عامودي ٩٠ درجة والطرف الاخر بزاوية ٤٥درجة.
- ❖ نقوم بادخال الفتيل من الجهة العامودية في الصاعق بهدوء او بشكل برم حتى يسهل عملية الدخول وعندما نشعر بصعوبة ادخاله نتوقف.
- ❖ نستخدم كماشة أو بنسة ونقوم بالضغ على طرف الصاعق العلوي لتثبيت الفتيل داخل الصاعق.
- ❖ يمنع الضغط بقوة على جسم الصاعق وبالتالي الضغط على الفتيل مما يؤدي الي انفجار الفتيل بعد اشتعاله لانحباس الغازات وللعلم هناك بعض الادوات االمنة للتعامل مع الصواعق الفتائل يفضل توفيرها.

- ❖ ادخال الصاعق داخل العبوة عند العمل فقط.
- ❖ **ملاحظة** : أثناء تثبيت الفتيل بالصاعق يكون كعب الصاعق باتجاه منطقة ميتة وبعيد عن الجسم.

الفتيل الاشتعالي اللحظي

يستخدم فيه البارود الاسود والنيتروسليلوز



فتيل اشتعالي سريع، سرعة اشتعاله ٥ متر/ثانية

شريط اشتعالي عريض، سرعة اشتعاله ١٠ متر/ثانية

فتيل L1A1 الإشتعالي اللحظي

- طول البكرة ٧٠ متر .
- قطر الفتيل ٥,٢ ملم.
- سرعة الاشتعال ٣٣,٥ متر/ثانية.
- عمره الزمني ٣ سنوات.

طريقة إشعال الفتائل الاشتعالية :

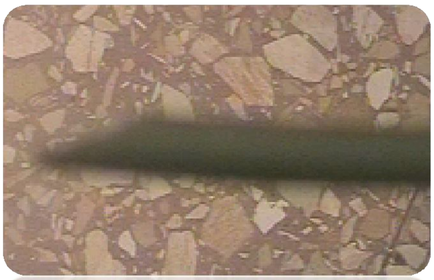
لإشعاله نقوم بالخطوات التالية :-

١. قبل العمل في هذه الفتائل نقوم بقص ١٠ سم بداية الفتيل ولا نستخدمه ، والسبب يعود أنه من الممكن أن تكون الفتيلة فاسدة أو رطبة .ثم نقطع الطول الذي نحتاجه وذلك حسب مدة التأخير التي نريدها . ولمعرفة طول الفتيل المناسب نحدد المدة الزمنية التي نريدها ثم نستخدم القانون التالي :

طول الفتيل = سرعة الفتيل × زمن اشتعال الفتيل

مثال : المدة التي نريدها هي ١٢ ثانية . وسرعة الفتيل بعد التجريب ثبت أنه ١,٥سم / ثانية احسب طول الفتيل اللازم ؟

الحل : ١٢ × ١,٥ = ١٦ سم طول الفتيل الذي يجب أن نستخدمه .



٢. نقطع الطرف المراد إشعاله بزاوية ٤٥درجة و ٩٠ درجة من الجهة المراد وضعها في الصاعق وذلك في حال عدم وجود المشعل العسكري او القداحة الليزرية وهو ما سنعتمده هنا .

٣. نمسك الفتيل ونمرره بين الأصابع بحيث نجعل الفتيل تحت الوسطى وفوق السبابة والبنصر ، ثم نقوم بتثبيت رأس عود الثقاب على رأس الفتيل وعلى الوسطى ونضغط على العود بالإبهام ، ثم نمرر علبة الكبريت على العود لإشعاله. ونعرف أن الفتيل اشتعل بمجرد خروج

شرارة متصلة من الفتيل .

٤. **ملاحظة** : يمكن إشعال أكثر من فتيل بواسطة فتيل واحد ، وذلك بعد قطع الفتائل المراد إشعالها ، ثم نقوم بإشعال فتيل طويل نسبيا غير متصل مع العبوات ومن نفس مكان إشعال الفتيل (خروج الشعلة المتصلة) نقوم بملامستها للفتائل المراد إشعالها وهي أسرع وأضمن .

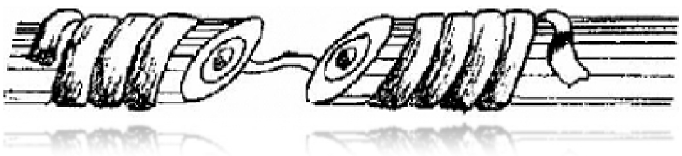
صناعة فتيل بطئ شعبي:

- ❖ نجهز خليط مكون من كلورات البوتاسيوم مع السكر المطحون بنسبة ١:١، وبالامكان توفير كلورات البوتاسيوم من أعواد الثقاب
- ❖ نحضر ورقة خفيفة بالطول الذي نحتاجه، ثم نلف الورقة على قلم (حسب سمك الصاعق) ونقوم بلصق الورقة جيدا من الجنب بلاصق رقيق شفاف، ثم نغلق أحد جانبي الفتيل بلاصق رقيق جدا وشفاف، ولا بد أن نجعل سمك الأنبوب نفس سمك الورقة، ولا تلف الورقة على نفسها أكثر من لفة واحدة، لأن زيادة سماكة الأنبوب لا تساعده على الاحتراق وبالتالي ينقطع الأكسجين عن الشرارة النارية فيتوقف الاشتعال
- ❖ نملأ الورقة الاسطوانية(المجهزة على شكل فتيل) بالخليط الآنف الذكر أو بناتج أعواد الثقاب ملأً جيدًا
- ❖ ندخل أحد طرفي الفتيل داخل الصاعق الناري، ثم نثبت الفتيل والصاعق بطبقة واحدة فقط من اللاصق الرقيق الشفاف لئلا تنقطع الشرارة النارية عند وصولها للاصق
- ❖ يمكن اشتعال الفتيل عن طريق شرارة نارية أو قطرة من حمض الكبريتيك المركز (ماء بطارية بعد تركيزه)

توصيلات الفتائل الاشتعالية

أولا توصيلات الفتائل البطيئة والسريعة:

١-توصيل فتيل بطئ بآخر بطئ:



❖ يقطع طرفي الفتيلين بزاوية ٤٥.
❖ يوضع الطرفان على بعضهما بحيث يتلامس البارود الأسود في كلا الفتيلين، وتكون الشطفة بعكس الاخرى كما في الشكل
❖ يربط الطرفان بشريط لاصق

❖ يمكن وضع رأس عود ثقاب بين شطفتي الفتيلين قبل تثبيتهما بشريط لاصق بحيث يلامس رأس العود طرفي الفتيلين، ثم يتم التثبيت بشريط لاصق وعند اشعال طرف الفتيل الأول ووصول الشرارة الي مكان الشطفتين يشتعل عود الكبريت فيعطي نفثة قوية للطرف الاخر ومن ثم يشتعل وتستمر الشرارة حتى تصل الي نهاية الفتيل.

ولهذه الطريقة عيوب يجب تلافيها وهي كالتالي:

❖ اذا لم يثبت طرفي الفتيلين بشكل جيد بلاصق فقد ينزلق أحد الطرفين مما يسبب انقطاع في الشرارة النارية ومن ثم لا تصل الي الطرف الاخر
❖ اذا تسربت الرطوبة الي الوصلة – خاصة اذا مر وقت طويل على الربطة– فهذا من شأنه أن يجعل الشرارة لا تنتقل .

٢-توصيل فتيل بطئ بآخر سريع

نتبع نفس الخطوات في توصيل فتيل بطئ باخر بطئ وكذلك اذا اردنا **توصيل فتيل سريع بآخر سريع** فنتبع نفس الخطوات السابقة

٣-توصيل فتيل بطئ أو سريع بالصاعق الناري :

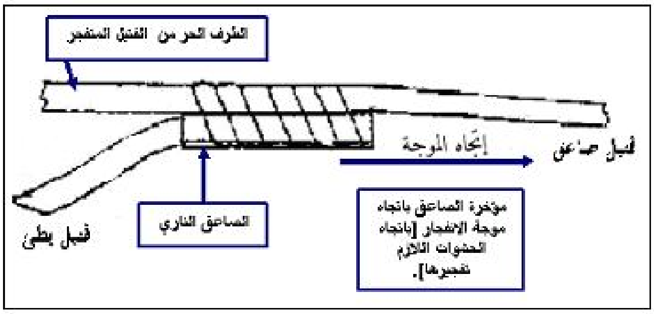
❖ نقطع الفتيل من جهة بزاوية ٩٠، ومن الجهة الأخرة بزاوية ٤٥.
❖ ندخل جهة الفتيل المقطوعة بزاوية ٩٠ داخل الصاعق الناري، ثم نضع الكماشة أو البنسة على حافة فتحة الصاعق، ثم نضغط قليلا على جدار الصاعق من الأعلى من الحافة

حتى يمسك الفتيل، أو بدلا من ذلك نثبت الفتيل والصاعق بشريط لاصق، لكن لا نزيد كمية ربط الشريط اللاصق لئلا ينقطع دخول الأكسجين عن الفتيل فتنقطع بالتالي الشرارة النارية.

❖ نضع رأس الفتيل الذي بزاوية ٤٥ في اليد اليمنى على بطن اصبع السبابة ونضع الفتيل في بطن الخنصر والبنصر وبعدها نضع راس عود ثقاب على طرف الفتيل ونثبت العود باصبع الابهام ثم نمرر عليه الكبريت وعند اشتعال العود يشتعل الفتيل وتنتقل الشرارة للصاعق وهذه الطريقة تعتبر اسرع طريقة لاشعال الفتيل البطئ الامن (مذكورة الطريقة سابقا بالصور فليرجع اليها)

٤- توصيل فتيل بطئ مع الصاعق بفتيل اخر متفجر

يستعمل كثيرا في التفجيرات وخاصة التدريب والاعمال المدنية، فلا يمكن التوصيل الا بوسيط وهو الصاعق، فنوصل الفتيل البطئ بالصاعق كما ذكرنا سابقا، ثم نثبت الصاعق على سطح الفتيل المتفجر بلاصق، وننبه هنا انه يتوجب ان تكون مؤخرة الصاعق على الفتيل المتفجر باتجاه موجة الانفجار ونترك ١٠ سم من الفتيل المتفجر خلف الصاعق لضمان التفجير كما بالصورة



يمكن توصيل الفتائل الاشتعالية البلاستيكية هكذا

في الفتائل التي تشتعل داخليا وخارجيا يمكن ربطها هكذا بشرط ربط ١٠سم من الفتيلين

ثانياً: الفتيل الانفجاري:

❖ هو وسيلة نقل للموجة الانفجارية. يحتوي على مواد نصف حساسة، بمعنى أنه يجب أن يتلقى الموجة الانفجارية ليقوم بنقلها سواء كان ذلك من تفجير صاعق أو شحنة متفجرة ملامسة له ، ويسمى الفتيل الانفجاري أحيانا بفتيل الكورتكس ويسمى تجاريا بريماكورد.

❖ له ألوان عديدة أشهرها
البرتقالي (الباكستاني)
الاخضر والاصفر (روسي)
وهذه الانواع عسكرية وغالبا التجاري ياتي لونه اصفر
غالبا بداخله مادة PETN (البنتريت) ولها عدة اسماء بتن وبنتريت وبنثرويت

<u>ومن خصائص هذه المادة الـ PETN</u>

❖ هو متفجر على شكل حبيبات بيضاء ناعمة جدا
❖ يستخدم في صناعة الحبال المتفجرة
❖ شبه حساس للطرق واللهب والشد
❖ لا يتأثر بالماء بشرط عدم وضع طرفيه في الماء وقد تم تجربته ٣٠٠ ساعة ولم يتأثر نهائيا ولكن يفضل ان لا تزيد مدة وضعه عن ١٠ ساعات
❖ يذوب عند ١٤٠ درجة
❖ قوته ١,٧ من قوة TNT
❖ ينفجر عند حرارة ٢٠٥ الي ٢٢٥
❖ من اقوى واسرع المواد القاصمة شبيه ال RDX في لونه وقوته

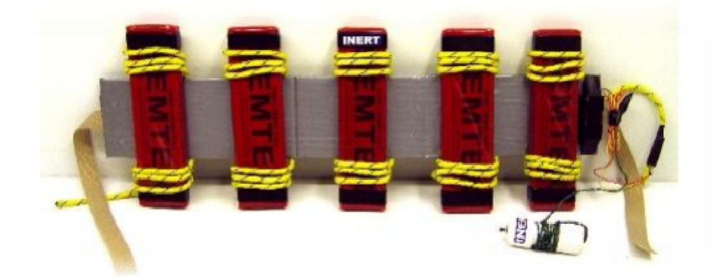
مميزات الفتيل المتفجر

يتميز الفتيل الانفجاري بعدة ميزات تجعله فاعل وآمنة:

فإليكم معلومات عامة ونصائح لاستخدام الفتيل المتفجر الكورتكس

- ❖ المتر الواحد من الكورتكس يستطيع أن يفجر باذن الله من ٤٠ الي ٥٠ كجم من مادة TNT ويفجر أكثر من ذلك بكثير من المتفجرات الحساسة مثل RDX .
- ❖ هناك اسلوب اخر لتوزيع الكورتكس وهو ان المادة المتفجرة لا تبعد عن الكورتكس أكثر من ٥سم من جميع الاتجاهات مع مراعاة دك جميع الفراغات بين ال TNT والكورتكس.
- ❖ هناك اسلوب اخر في حالة عدم توفر الكورتكس وهو عمل عقدة من الكورتكس طولها متر واحد ونضعها في كيلو RDX أو C4 كمنشط ونفجر به صندوق ١٠٠ كجم من كلورات البوتاسيوم او من ال TNT.مع مراعاة عدم وضع المنشط داخل الخلائط مباشرة خشية التفاعل معها وتسبب انفجارها او فسادها، فلا بد من وضع بينها عازل من النايلون او ما شابه
- ❖ ممكن استخراج ٢٩٠٠جرام من RDX أو البيتن PETN من لفة طولها ٢٥٠متر
- ❖ ملاحظة هامة: المجاهدون في خراسان يضعون متر كورتكس على الاقل لكل خمسة كجم من المواد المتفجرة لانه متوفر وهذا هو الافضل
- ❖ يحتاج إلى موجة انفجارية بواسطة صاعق أو شحنة متفجرة لتفجيره .
- ❖ يعتبر بمثابة صاعق للعبوات التي لا تحوي صاعق .
- ❖ يستخدم لتفجير عدة عبوات في آن واحد .
- ❖ يمكن عمل وصلات وتفريعات منه بسيطة ومركبة .
- ❖ سرعة انفجاره ٥٠٠٠ – ٨٠٠٠ م/ث تقريبا حسب نوعه
- ❖ يحتوي على مواد نصف حساسة مثل . **PETN – RDX–HMX**
- ❖ يمكن أن ينفجر إذا تعرض بقوة شد قدرها (١٥) كجم /سم٢ .
- ❖ يحترق ببطئ عند اشعاله ولا ينفجر .
- ❖ يمكن استخدامه في قطع الاشجار في السلم والحرب
- ❖ يوجد على شكل بكرات ستراوح طولها من ٤٠–٢٥٠متر
- ❖ مراعاة اغلاق اطراف الفتيل المتفجر بشريط لاصق او مادة شمعية

❖ مراعاة عدم تقاطع الكورتكس بالطريقة الخطا شكل ⊗ أثناء تجهيز صناديق المتفجرات
❖ مراعاة وصل الكورتكس الفرعي مع الرئيسي بما لا يقل عن ١٠سم في حالة استعمال (عقدة التلامس) ويراعى ربط عقدة الشجرة وعقدة الكوبرى بشريط لاصق وبقوة
❖ يفضل استعمال الكورتكس للحشوة الواحدة مضاعفا خصوصا في العمليات الهامة .
❖ يجب حماية الفتيل من الطلقات النارية والصدمات والشمس والبرودة الشديدة والحرارة الشديدة
❖ التأكد من سلامة سطح الفتيل قبل الاستعمال.
❖ الكورتكس يبقى تحت الماء لمدة طويلة ولا يفسد بشرط عدم وضع طرفيه في الماء.
❖ الكورتكس يستخدم لتفجير عدة حشوات في وقت واحد، ويستخدم في السيارات المفخخة و الاحزمة الناسفة بكثرة.



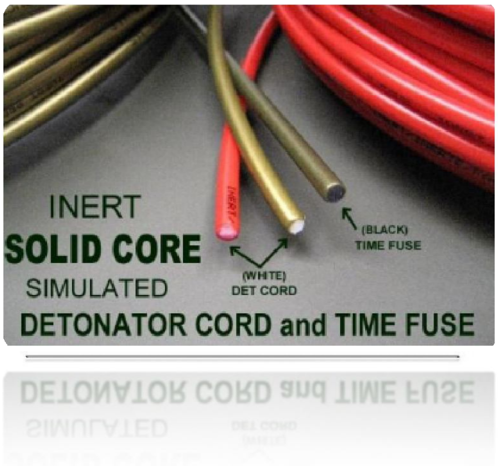
❖ يغني الفتيل المتفجر عن استخدام كمية كبيرة من الصواعق وبالتالي يوفر في البطاريات، فهو عبارة عن عدة صواعق ممددة
❖ لا بد من ترك ١٠ سم خلف الصاعق عند ربطه بالكورتكس لانه من الممكن ان يكون طرفه قد تعرض للرطوبة او الاهتراء.
❖ في الفتيل المتفجر ال ١٠سم خلف الصاعق لا تنفجر ابدا لانها عكس الموجة
❖ **قاعدة هامة:** ثبت بالتجربة أن كل ٢,٤ كجم من مادة TNTتحتاج لفتيل متفجر واحد في مركز الثقل الهندسي .

مركز الثقل الهندسي هو قلب الحشوة المتفجرة أي نصف الطول ونصف العرض ونصف الارتفاع

❖ **ملاحظة هامة:** أثناء العمل بالمتفجرات الكرم محمود في ثلاثة أشياء

١- الكورتكس ٢- الفولت ٣- الأمبير

❖ **<u>ملاحظة :</u>** لا نعتمد لون الفتيل الخارجي في التفريق بين الفتائل الاشتعالية والفتائل الانفجارية ، فلكل دولة بيئة استخدام للون الذي تعتمد وانما نفرق بينها بلون المحتوى (بارود رمادي اللون) وفي الانفجاري مادة بيضاء اللون .



بعض أنواع من الفتائل المتفجرة

- **<u>الفتيل المتفجر الابيض:</u>**

❖ يحتوي على ١٠ جم بيتان لكل واحد متر.

❖ السرعة الانفجارية ٦٨٠٠ م/ث.

❖ قطره ٤,٧٥ ملم.

DETONATING CORD – 10 الفتيل المتفجر الأبيض

- **<u>الفتيل المتفجر الازرق:</u>**

❖ يحتوي على ٥ جم لكل واحد متر.

❖ السرعة الانفجارية ٦٨٠٠م/ث.

❖ قطره ٤,٣ ملم.

DETONATING CORD – 5 الفتيل المتفجر الأزرق

- **<u>الفتيل المتفجر L5A1 :</u>**

❖ كل بكرة تحتوي على ٧٠ متر.

❖ مقاوم للماء.

❖ السرعة الانفجارية ٦٠٠٠م/ث.

❖ قطره ٥,٥ ملم.

❖ يعمل في درجة حرارة من −٤٠ الي +٧٠.

❖ العمر الزمني له ١٠ سنوات.

❖ كل متر من الفتيل يحتوي ١٠ جم من مادة PETN .

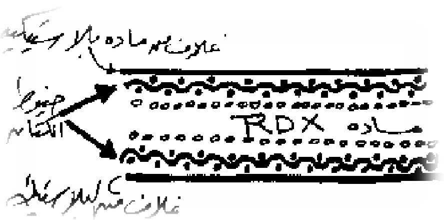
الفتيل المتفجر L5A1

توجد فتائل تحتوي على ١٢٠٠ جم لكل واحد متر تستخدم في اغراض خاصة

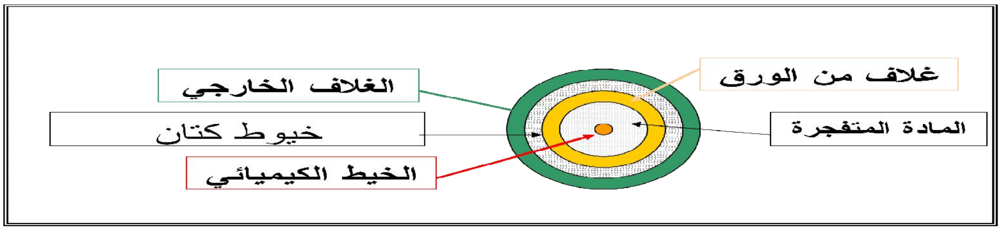
قطر الفتيل (ملم)	١١,٥	٨	٦,٦	٥	٣
كمية المتفجرات (جم)	٨٠	٤٠	٢٠	١٢	٦
السرعة الانفجارية (م/ث)	٦٨٠٠	٦٨٠٠	٦٨٠	٦٨٠٠	٦٨٠٠

أقسام الفتيل الانفجاري :

وإذا ما أخذنا مقطع عرضي للفتيل فإننا سنجد أنه يتكون من الأقسام التالية :



١. غلاف بلاستيكي خارجي (يأتي بألوان مختلفة).
٢. خيوط كتان لحفظ المواد.
٣. المواد المتفجرة: R.D.X، بيتان، تتريل.
٤. خيط كيميائي.

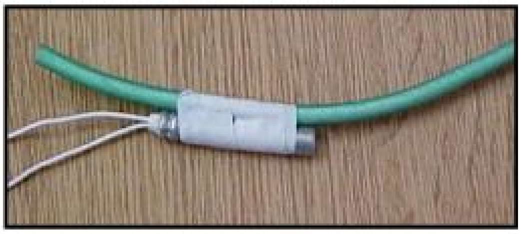


مقطع عرضي للفتيل الانفجاري

توصيلات الفتائل الانفجارية

أولا توصيل فتيل متفجر بصاعق:

بعد ١٠سم تقريبا من بداية الفتيل الانفجاري نقوم بتثبيت الصاعق علي سطح الفتيل الانفجاري ، و ذلك بجعل كعب الصاعق (باتجاه امتداد الفتيل الأكبر والذي يمثل خط سير الموجة الانفجارية ، بعد ذلك نقوم بلف الصاعق بشريط لاصق أو قماش أو .... بحيث يضمن تثبيته وملامسته جيدا للفتيل . كما هو موضح في الصور.ولافرق في نوع الصاعق سواء كان كهربائي او ميكانيكي او طرفي

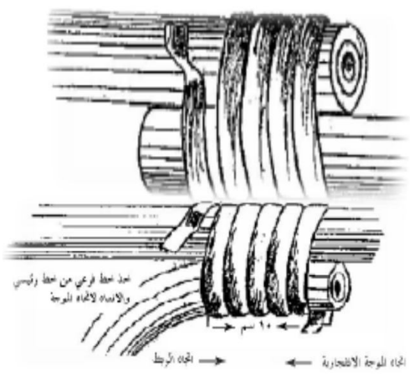

وصل صاعق كهربائي بالفتيل الانفجاري

طريقة ربط صاعق عادي بثلاث فتائل انفجارية

وصل صاعق طرفي (عادي) بالفتيل الانفجاري

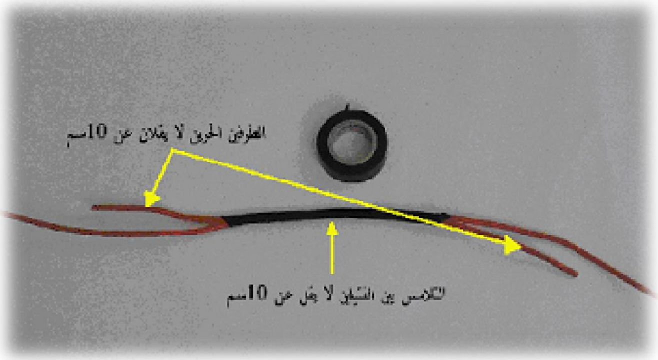
ثانيا: توصيل فتيل متفجر بآخر متفجر:

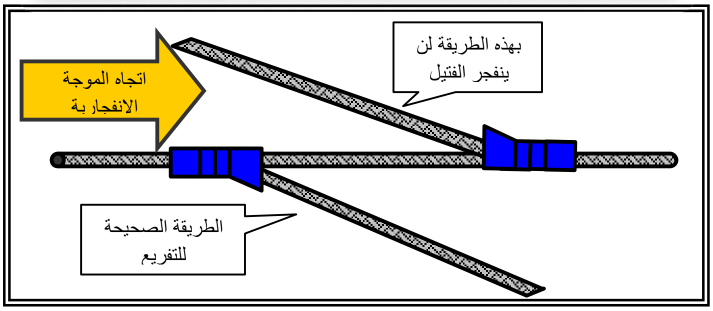
هناك طرق كثيرة لذلك وسنذكر معظمها



١. طريقة الملامسة:

- ❖ يجب أن تكون مسافة الملامسة لا تقل عن ١٠ سم
- ❖ يتم التثبيت بواسطة شريط لاصق أو سلك و يشد بقوة
- ❖ هذه الطريقة لا بد فيها من معرفة اتجاه الموجة
- ❖ تستعمل هذه الطريقة لإكمال خط رئيسي أو لأخذ خط فرعي من خط رئيسي كما هو موضح بالشكل،.



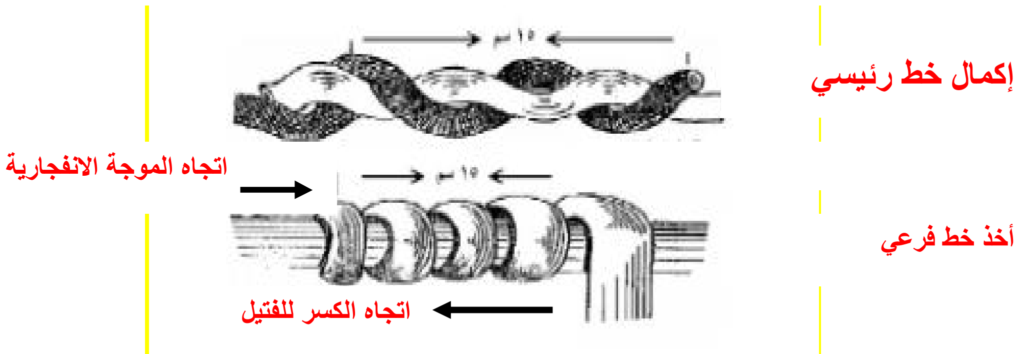


❖ أيضا يجب ترك طرفين حرين عند الوصل لا تقل عن ١٠ سم كما في الصورة

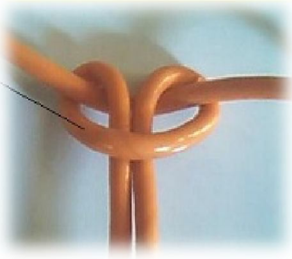
❖ يجب الانتباه لاتجاه الموجة الانفجارية عند ربط الخط الفرعي و إلا إذا كان عكس الموجة فينقطع الانفجار كما هو موضح بالشكل وتكون الزاوية اقل من ٩٠ درجة

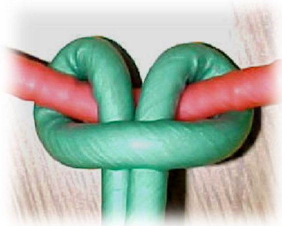
٢. طريقة كسر الوتر:

و تستخدم لأخذ خط فرعي من خط رئيسي، و هنا يجب أن تلاحظ و تنتبه إلى اتجاه الموجة الانفجارية بحيث لا تكون الوصلة مربوطة عكس الموجة لأن ذلك يؤدي إلى قطع الفتيل الفرعي و لإكمال خط رئيسي كما هو موضح بالشكل:



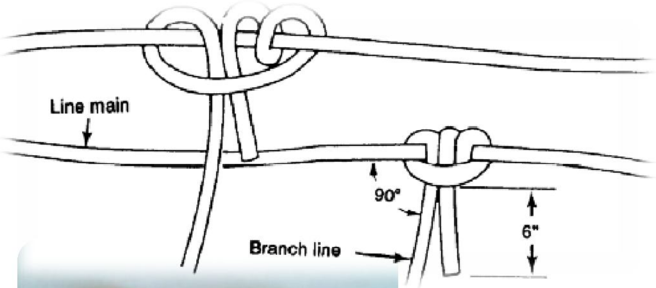
و تستخدم هذه الطريقة في حالات العمل السريع، و عدم وجود وقت، لأن الربط لا يثبت طويلاً و سرعان ما ينفك، و أيضاً من عيوبها أنها في حالات البرد الشديد فإن الفتيل المتفجر يتصلب مما يؤدي إلى انكساره إذا تم تلويته.





٣- عقدة ورقة الشجر (الفراش):

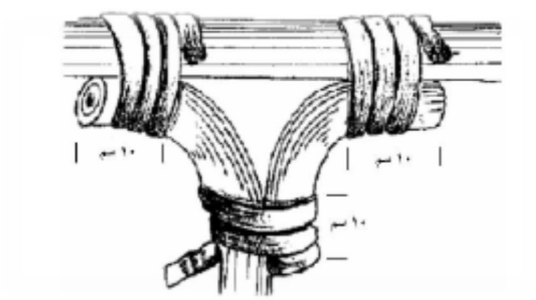
- ❖ تستخدم لأخذ خط فرعي من خط رئيسي
- ❖ تستخدم عند عدم معرفة اتجاه الموجة



٤-ربطة عقدة راس الكوبرا

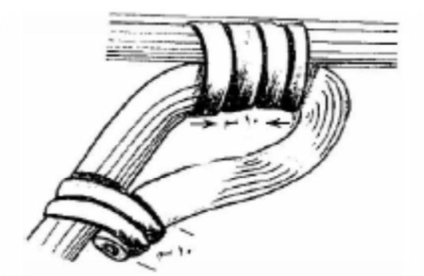
- ❖ تستخدم لأخذ خط فرعي من خط رئيسي
- ❖ تستخدم عند عدم معرفة اتجاه الموجة.
- ❖ يجب ان تكون الزاوية للفتيل الفرعي ٩٠
- ❖ تعتبر من افضل التوصيلات هي وسابقتها وينصح باستخدامهما في التوصيلات الفرعية.

٥-توصيلة حرف Y:

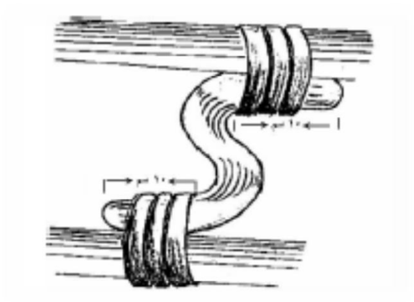


- ❖ لأخذ خط فرعي من خط رئيسي
- ❖ تستخدم عند عدم معرفة اتجاه الموجة، على أن تكون مسافة الملامسة للأطراف لا تقل عن ١٠ سم.

٦-توصيلة حرف P:

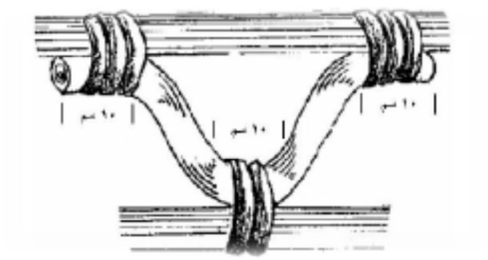


- ❖ تستخدم لأخذ خط فرعي من خط رئيسي
- ❖ تستخدم عند عدم معرفة اتجاه الموجة، على أن لا تقل مسافة الملامسة عن ١٠سم.



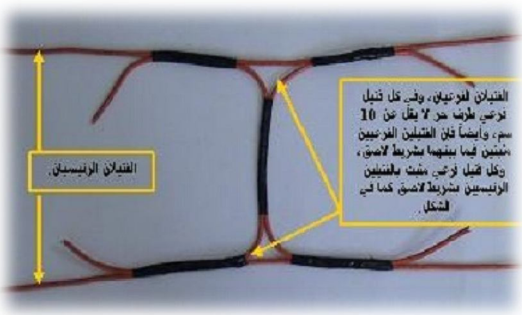
٧-وصيلة حرف S:

- ❖ تستخدم لتوصيل خط رئيسي بآخر رئيسي
- ❖ تستخدم عند معرفة اتجاه الموجة
- ❖ بالإمكان وضع حشوة في هذه التوصيلة.



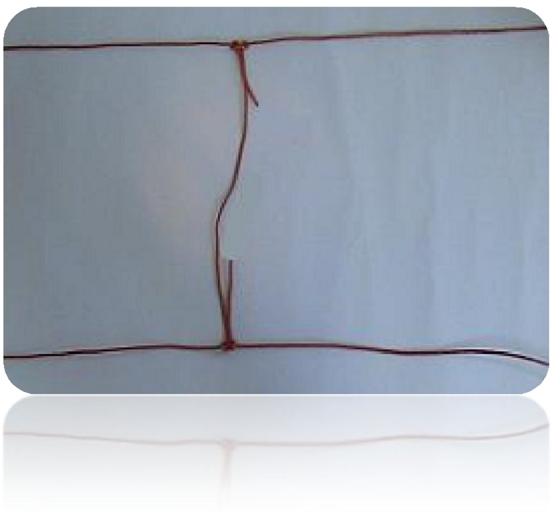
٨-توصيلة حرف U:

- ❖ تستخدم لتوصيل خط رئيسي بآخر رئيسي
- ❖ تستخدم عند معرفة اتجاه الموجة
- ❖ تكون مسافة التلاقي لا تقل عن ١٠ سم.



٩-توصيلة حرف X

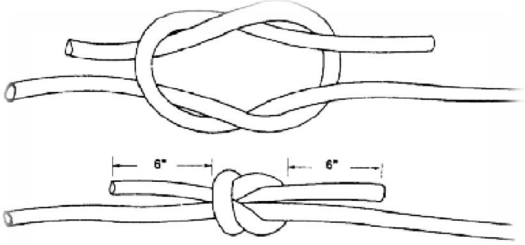
- ❖ تستخدم لتوصيل خط رئيسي بآخر رئيسي
- ❖ تستخدم عند معرفة اتجاه الموجة
- ❖ تكون مسافة التلاقي لا تقل عن ١٠ سم.



ملاحظة هامة: بالامكان توصيل خط رئيسي بخط رئيسي اخر بطرق التوصيل التي ذكرنا بانها تنفع للتوصيل من الرئيسي للفرعي وذلك بعمل نفس العقدة على الجهة المقابلة كما عقدة الفراشة وراس الكوبرا وحرف Y وحرف P فتصبح كما في الصورة المقابلة.

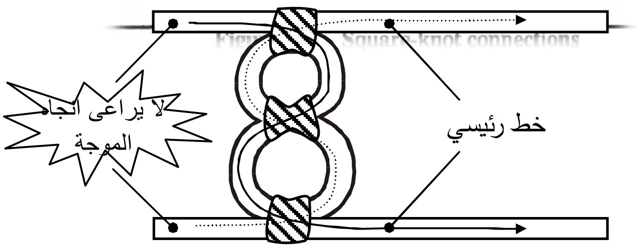
١٠-توصيلة العقدة المربعة :

- ❖ لا يراعى فيها اتجاه الموجة
- ❖ ومراعاة ان لا تقل منطقة التلاقي عن ١٠ سم
- ❖ تستخدم لتوصيل فتيلين ببعضهما البعض



١١- توصيلة العقدة (8)

- ❖ تستخدم لتوصيل خط رئيسي بآخر رئيسي
- ❖ تستخدم عند معرفة اتجاه الموجة
- ❖ تكون مسافة التلاقي لا تقل عن ١٠ سم.



ثالثا:

لتوصيل فتيل متفجر بحشوة متفجرة

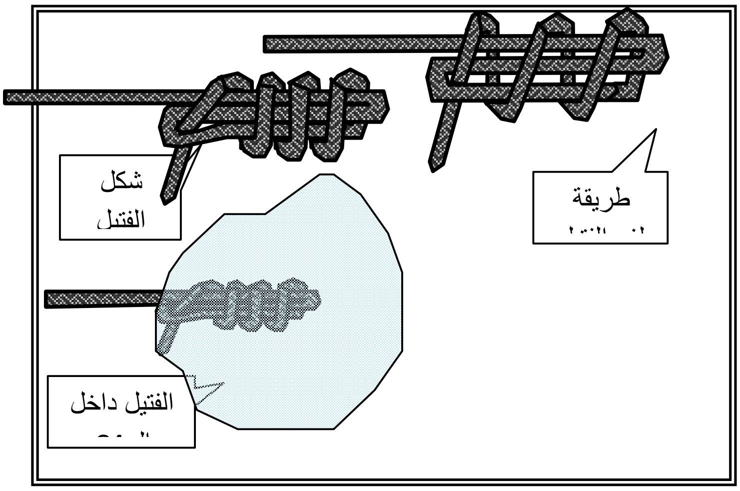
١-الربطة الوتدية

- ❖ تستخدم في حال كانت الحشوة صلبة
- ❖ تلف ثلاث لفات على الاقل وتربط كما بالشكل جيدا

٢-ربطة المشنقة

❖ تستخدم في حال كانت الحشوة عجينية مثل C4

❖ توضع داخل المادة في اول ثلثها وتثبت بشكل جيد وفي الصورة بالاسفل كيفية ربطها



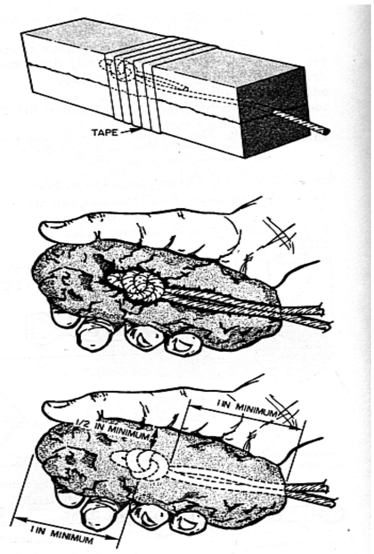
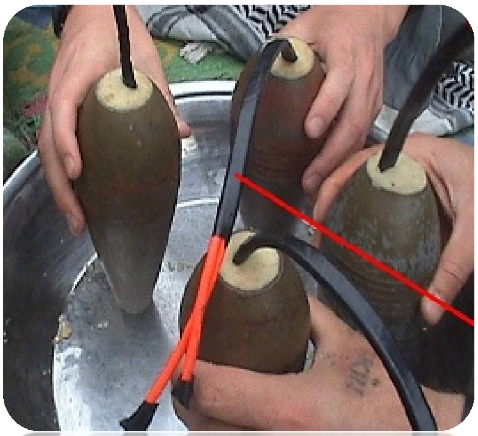
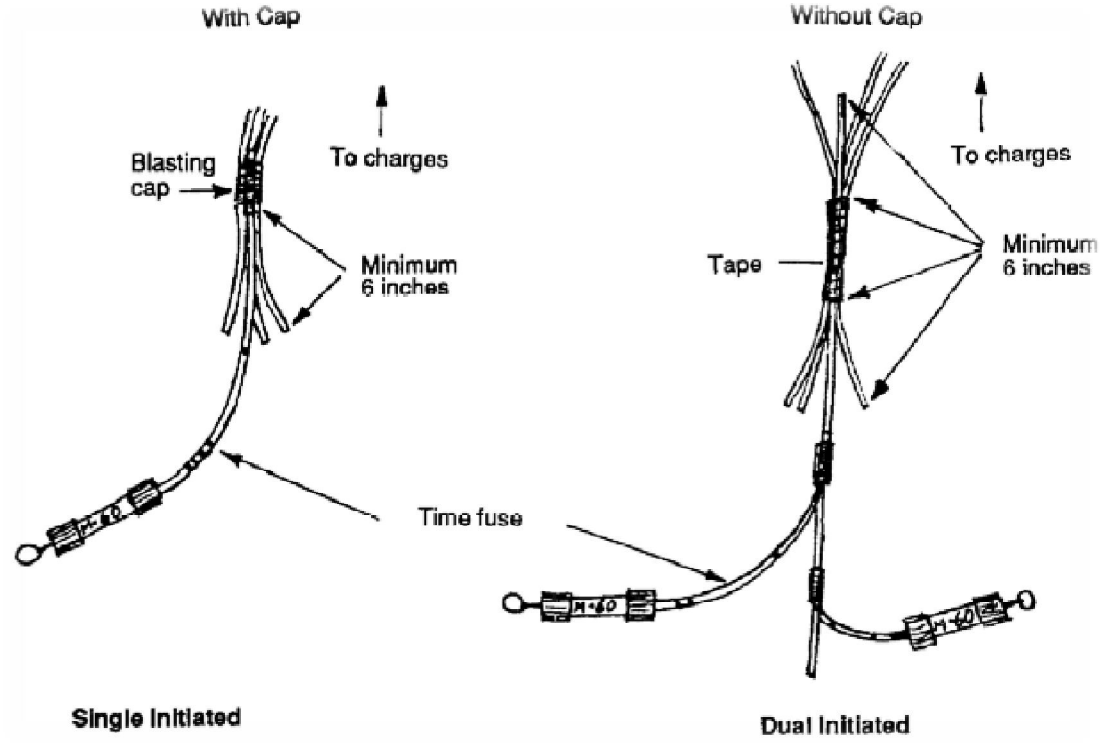


Figure 80. Detonating cord priming of plastic explosive.

يظهر في الصورة وضع عقدة المشنقة في قذيفة هاون بعد ان تم عمل حفرة بداخل المادة الموجودة بها ثم تم عمل عقدة طولها تقريبا ٥٠ سم ووضعت بالداخل ثم يوضع حول الفتيل C4

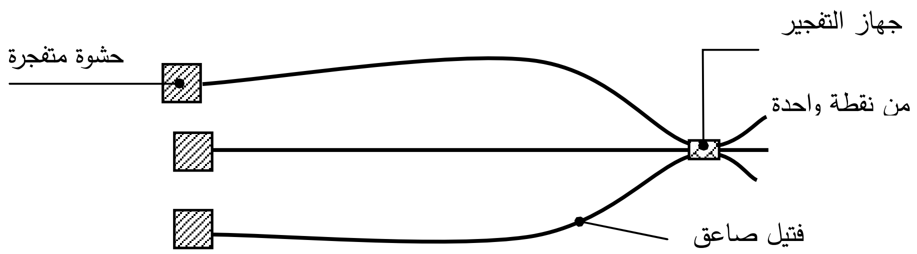


ملاحظة: يتم تجميع الفتائل في حال السيارات المفخخة وما شابهها من العمليات حيث يخرج غالبا من كل حشوة فتيلين على الاقل فنجمعهم سويا ونخرج منهم ثلاث فتائل ونراعي ان لا يكون في منطقة التقاء الفتائل أي عقدة حتى لا تحدث أي خلل ونربطهما على صاعقين لضمان التفجير ويفضل ان يكون احدهما ميكانيكي والاخر كهربائي لتلافي حدوث أي خلل اثناء التفجير ونترك ١٠ سم كما اسلفنا سابقا بعد الصاعق ونتاكد ان اتجاه موجة الصاعق في نفس اتجاه الموجة الذي نريد تقريبا كما بالشكل بالاسفل



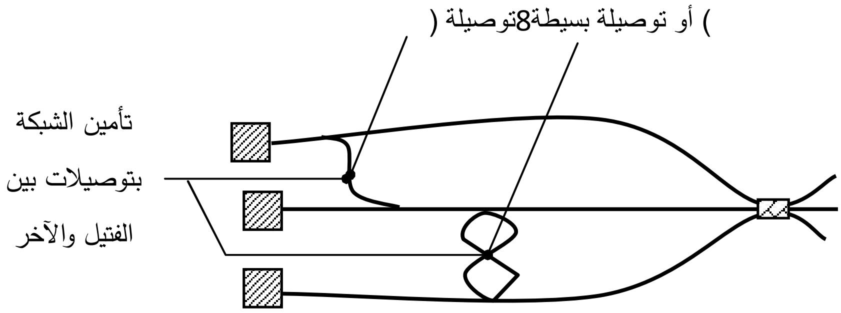
وهناك تقسيم آخر لتوصيلات الفتائل بالفتيل الصاعق

- **الشبكة البسيطة:** تستعمل لتفجير عدد قليل من الحشوات.

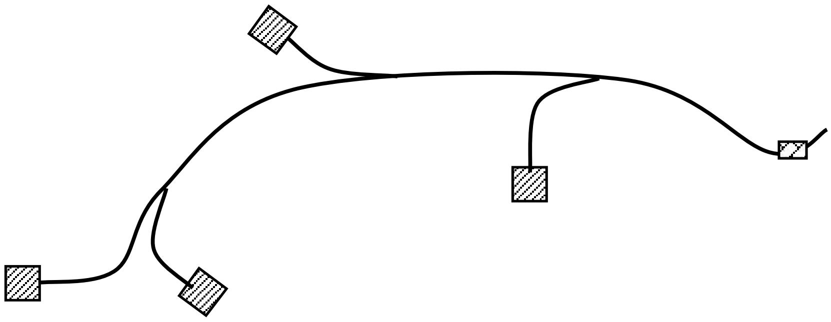


- **الشبكة البسيطة المؤمنة:**

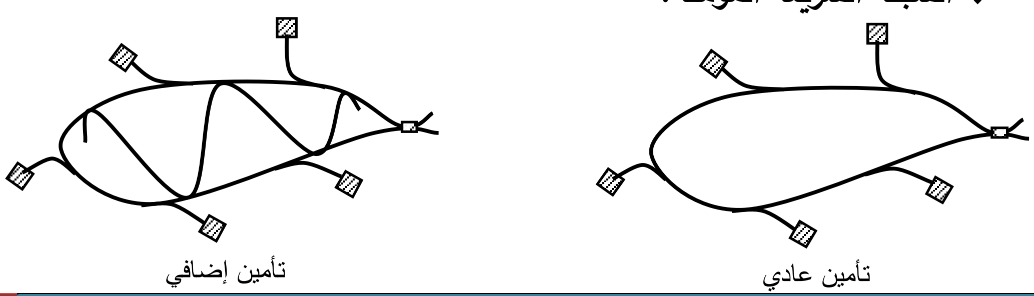
لاحظ كما بالرسم



- **الشبكة السريعة:** سريعة التحضير وتستعمل لتفجير عدد كبير من الحشوات.

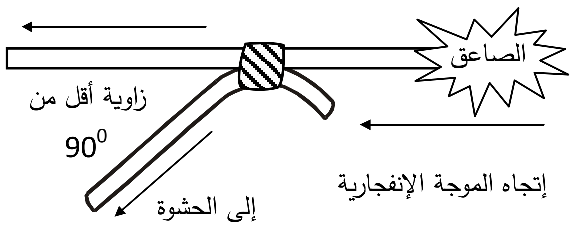


- **الشبكة السريعة المؤمنة:**



ولا ننسى ان ننبه إلى إرشادات هامة وعامة في كل التوصيلات:

- ❖ يجب أن تكون مسافة الملامسة لا تقل عن ١٠ سم وكلما زادت زادت قدرة وصول الموجة الانفجارية (موجة الصعق) في الفتائل وتوصيلاتها والكرم فيها محمود
- ❖ يتم تثبيت جميع التوصيلات والعقد بواسطة شريط لاصق أو سلك و يشد بقوة حتى تتم عملية ملامسة اكبر بين الفتائل المتفجرة والصواعق وبين الفتائل المتفجرة والحشوات ومن المعلوم فان الشريط اللاصق هو علامة الجودة في هذا العمل ونحتاجه دائما في هذا المجال
- ❖ اذا كان لديك وفرة في المواد فلا بأس أن تجعل لكل فتيل فتيل آخر تلصقه به من البداية وحتى النهاية بواسطة الشريط اللاصق وذلك لزيادة قدرة الفتيل على الصعق وفي حال كون الفتيل مترهل ومتمزق فلا بد ان توصله بفتيل آخر يقويه عند التفجير أو على الاقل وضع وصلات عند الاماكن المترهلة
- ❖ ننبه مرة اخرى بانه يتوجب الحذر من تقاطع الفتائل المتفجرة لانه قد يتسبب في قطع احد الفتيلين وعدم انفجار جزء من الحشوات
- ❖ كل طريقة لا بد فيها من معرفة اتجاه الموجة
- ❖ يجب ترك طرفين حرين عند الوصل لا تقل عن ١٠ سم تحسبا للرطوبة
- ❖ يجب الانتباه لاتجاه الموجة الانفجارية عند ربط الخط الفرعي و إلا إذا كان عكس الموجة فينقطع الانفجار.
- ❖ **ملاحظة:** يجب أن تكون الزاوية المؤلفة بين الفتيل الرئيسي والفتيل المتفرع أقل من ٩٠ درجة كما بالصورة المقابلة.



وإليكم مخطط هيكلي لمهمات مجموعة تفجير شبكة الفتائل

وننبه أن هذا يكون ضروري في حال المهمات المتشابكة والكبيرة فحينها لا بد من توزيع المهام بشكل جيد ومنظم وحتى لا يحدث خلل ويكون كل شخص على علم بطبيعة مهمته ودوره بشكل أساسي

مسؤول التفجير
إختيار موضع الإحتماء
توزيع المهمات على العناصر
التحقق من حسن التوصيل
إعطاء أمر التفجير

عنصر الشبكة الرئيسية	عنصر التذخير	عنصرالتفجير
تركيب وتمويه الشبكة الرئيسية	تجهيز مكان الحشوات	حفظ مصدر التيار في مكان آمن
بعد التركيب تسلم الطرف الذي سيوصل إلى جهاز التفجير إلى عنصر التفجير	تركيب التوصيلات الفرعية	تجهيز مكان الإحتماء
	تذخير الحشوات	تركيب جهاز التفجير الرئيسي
		التفجير على أمر القيادة

هيكل ومهمات مجموعة تفجير شبكة الفتيل الصاعق

صناعة فتيل متفجر بطريقة شعبية

ونختم في حال احتجنا لفتيل متفجر ولم يتسنى لنا وجود فتيل عسكري فحينها نضطر لصنع فتيل متفجر شعبي وطريقته سهلة جدا ان توفرت المواد المتفجرة القوية اللازمة.

والطريقة كالتالي:

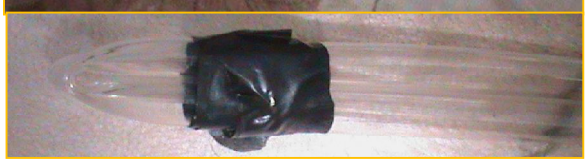
الأدوات المطلوبة:

أنبوب بلاستيكي(بربيش) قطره على الاقل ١٢ ملم ، نراعي فيه أن يكون القطر أكبر من القطر الحرج للمادة المستخدمة يفضل استخدام النوعية الشفافة المرنة التي يستخدمها البنائين (اشتخموس) ، مادة متفجرة قاصمة سريعة مثل (PETN–RDX–تتريل ...) ، أنبوب مغلق صلب القوام قطره أرفع من قطر الأنبوب يستخدم لدك المادة، ويكون طوله نصف طول الانبوب الفارغ على الاقل

طريقة الاستخدام:

- نحضر المادة المتفجرة ونطحنها جيدا
- نقوم باحضار الانبوب الفارغ والذي يكون شفافا حتى نرى كيفية دك المادة خلالها وهل هناك انقطاع ومسافات بين اجزاء المادة المتفجرة

- نقوم بثني الانبوب الفارغ من المنتصف ثني كامل بحيث يكون الشقين متلاصقين ثم نلصق عليهما لاصق من جهة الثني



❖ نقوم بوضع المادة المطحونة جيدا شيئا فشيئا من إحدى الجهتين مع استخدام الانبوب الصلب للدك أثناء وضع المادة ونراعي الدك جيدا وعند الانتهاء من الجهة الاولى نثني الانبوب ونلصقه

❖ بعدها نقوم بفك اللاصق ونعدل الانبوب المثني ونضع المادة من الجهة الأخرى مع مراعاة الدك جيدا في بداية الوضع أي في منتصف الانبوب حتى ينفجر كامل الفتيل

❖ نستمر حتى نعبأ كامل الانبوب وهكذا يكون جاهز للاستخدام .

ملاحظة: بالامكان تكبير الصورة حتى تتضح لك كيفية صناعته

ملاحظات :

- لمن لا يوجد عنده مواد عسكرية او لا يستطيع تصنيعها هناك بديل وقد ذكره الشيخ ابي الخباب المصري رحمه الله خلطة وهي عبارة عن التالي :

  1حجم زيت سيارة + ٣ حجم بروكسيد هكسامين

- الدك الجيد يفيد بحيث لا يجعل الفتيل ينكسر حين انثنائه والانكسار ربما يفشل انفجار كامل الفتيل.
- النظر على الفتيل من الخارج باستمرار والتأكد بعدم وجود فراغات بين المادة او أي تكسر.
- غالبا يستخدم الفتيل الشعبي لحزام ناسف او لوصلات قصيرة، ويفضل تفجير عينة منه وتجريبه حتى نضمن نجاحه حين العمل.
- للعلم هذا الفتيل هو الذي استخدمه خبير التصنيع في بلاد الشام أبو عبدالله المهاجر تقبله الله أمير جماعة جند أنصار الله استخدمه كفتيل للأحزمة الناسفة وذلك لعدم وجود فتائل عسكرية أصلية في حينه، والفتائل بالصورة هي التي لونها برتقالي، وسنشرح بالتفصيل كيفية صناعته في موضوع الأحزمة الناسفة.

منهجية تدريس هذه الوحدة

للمبتدئ:

نظري :

يعطى فقط رؤوس أقلام بشكل عام بحيث يستطيع التفريق بين الفتائل ويعرف مكوناتها.

عملي:

- يعطي فتائل ويطلب منه التفريق بينها.
- يطلب منه رسم قطاع عرضي في الفتيلين بنوعيهما.
- يطبق بعض التوصيلات الهامة والمشهورة.

للمتقدم:

نظري:

كل الباب وبالإمكان استثناء بعض من التفصيلات حسب الوضع.

عملي:

- يطلب منه إشعال فتيل اشتعالي بالطرق المستطاعة.
- يفجر صاعق طرفي بفتيل اشتعالي.
- يصنع فتيل شعبي اشتعالي.
- يطلب منه تفجير جزء من فتيل انفجاري بصاعق.
- يطلب منه صناعة فتيل انفجاري.
- يطبق التوصيلات بجميع أنواعها.
- يفجر حشوات متفجرة بالفتائل بالطرق التي تعلمها.

كهرباء المتفجرات

نستمر في الحديث عن وسائط التفجير وسنتكلم عن الاسلاك والمنابع الكهربائية في أثناء الحديث في هذا الباب وسنتطرق لموضوعات عديدة في كهرباء المتفجرات وعن الامن في اعداد الدوائر وغيرها

مقدمة: إن من أكثر الوسائل استخداما لتفجير العبوات هي دوائر التفجير الكهربائية . وكما قلنا سابقا أن تنوع هذه الوسائل يأتي تبعا لنوع الصواعق وآلية عملها فمنها :

الميكانيكية والكيميائية والحرارية والكهربائية ....وهكذا .

وبما أن اكثر هذه الصواعق انتشارا واستخداما هي الصواعق الكهربائية ،و لأن الانفجار لا يمكن أن يحدث دون أن تكون الكهرباء مجهزة بطريقة صحيحة.

فإننا سنتوسع فيها بالبحث التالي وسيكون الحديث فيه عن معظم ما نحتاجه حين العمل فيه

تعريفات :-

دوائر التفجير الكهربائية :- وهي الدوائر التي يتم فيها تفجير عبوة أو عدة عبوات متفجرة بواسطة صواعق كهربائية في آن واحد أو حسب ما نحتاج إليه بواسطة التيار الكهربائي .

وهناك بعض المصطلحات يجب التعرف عليها ليسهل لنا فهمها والتعامل معها :-

الجهد الكهربائي :- وهو عبارة عن انتقال شحنات كهربائية من نقطة (+) إلى نقطة أخرى (-) ، ويقاس الجهد بالفولت ويرمز له بالرمز (V) .

التيار الكهربائي :- وهو عبارة عن سيل من الإلكترونات تجري في موصل ، ويقاس التيار بالامبير ويرمز له بالرمز (A) .

التيار المتردد AC :- و تيار المنازل ويتراوح فيه الجهد من ١٠٠-٢٤٠ فولت وكمية تيار قدرها من (٥-١٥) أمبير ويرمز له (A C) .

التيار المستمر DC :- وهو تيار البطاريات وغالبا ما يستخدم في الحرب الجهادية ولها عدة أنواع . ومن أنواع مصادر التيار المستمر :-

١. بطاريات صغيرة (الجافة) : من ١,٥ -٩ فولت تعطي من ٠,٥ - ١ أمبير .
٢. بطاريات السيارات (السائلة) : من ١٢ - ٢٤ فولت تعطي من ٥٠ - ٧٥ أمبير .
٣. المفجر العسكري : يعطي ١٧٥٠ فولت ويعطي من ٥- ٧ أمبير .
٤. فلاش الكاميرات : يعطي ١٥٠٠ فولت ويعطي ٥- ٧ أمبير .

المقاومة :-

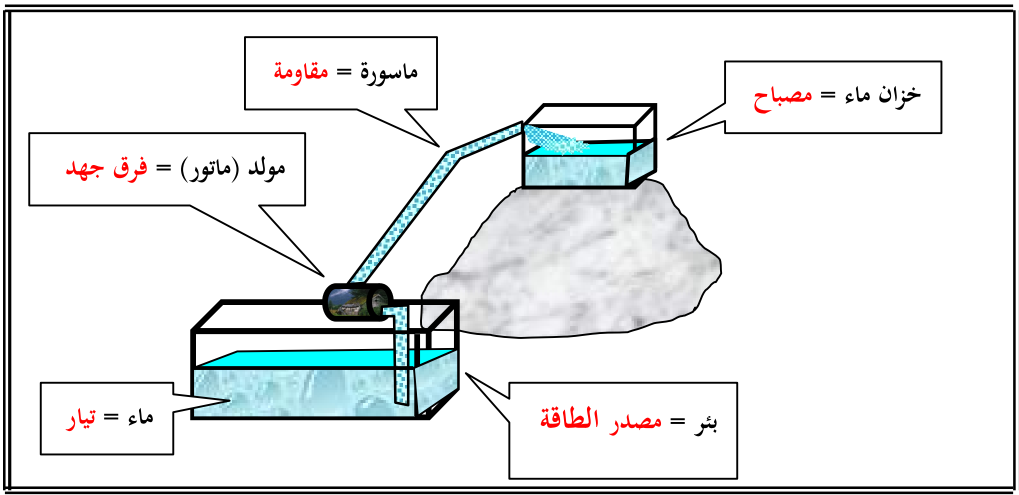
وهي مقدار ممانعة موصل لمرور تيار كهربائي وتقاس بالأوم ويرمز لها (Ω) ، فالمواد الموصلة تحتوي علي عدد كبير من الإلكترونات الحرة وتختلف المقاومة باختلاف عدد هذه الإلكترونات ، فكلما زاد العدد قلت المقاومة والعكس صحيح . ويمكن تمثيل المقاومة الكهربائية بأنبوب مربوط في صنبور مياه حيث انه كلما

كانت مساحة مقطع الأنبوب صغير وطوله اكبر كلما كانت المقاومة لمرور الماء خلاله اكبر والعكس صحيح . إذن فكل مادة موصلة لها مقدار معين من المقاومة بغض النظر صغيرة كانت أم كبيرة ويجب أن تأخذ في الحسبان عند توصيل الدوائر الكهربائية .وحتى نسهل الموضوع ستأتي على شكل خلاصات حتى تسهل على الجميع بإذن الله .

إن ما نستخدمه في بوادئ الانفجار إما أن يكون صاعق عسكري أو مشعل كهربائي .....فانه يختلف بنوعية المواد الموجودة سواء كانت متفجرة أم حارقة . علما أن الصاعق والمشعل يشتركان في آلية نقل الحرارة فكلاهما يوجد به سلك تنجستون عند توصيل طرفيه بمصدر كهربائي فانه يتوهج و يشتعل وبالتالي يشعل أو يفجر المادة الموجودة حوله .

إذا ما يهمنا هنا هو حساب مقدار هذه المقاومة والأسلاك المضافة لها . وحتى نوضح العلاقة بين المقاومة والجهد والتيار ننظر إلى الشكل التالي على سبيل المثال ، نفرض أن الماء الموجود في البئر ويسير في الماسورة ويعبئ الخزان يمثل التيار الكهربائي . والماسورة المرتفعة عن سطح الأرض ومقدار كمية تدفق الماء تمثل إعاقة وصعوبة في وصول الماء وهي هنا تمثل المقاومة . المولد (الماتور) يمثل فرق الجهد وبدون هذا الماتور لا نستطيع نقل الماء من البئر إلى الخزان إلا بواسطته والبئر يمثل مصدر الطاقة .

فعلي سبيل المثال الذي يضيء لنا المصباح هو التيار (أمبير) ، والماتور هو فرق الجهد (فولت) يدفع الإلكترونات من نقطة موجب (+) إلى نقطة سالب (−) حتى يتوهج السلك. كما في الشكل .



الأسلاك (ناقل التيار)

<u>وهو الوسيط الثالث من وسائط التفجير الخمسة بعد الصواعق والفتائل</u>

تعريف: وهو عبارة عن سلك معدني (نحاس ،ألمنيوم ،حديد ، أو خليط) ويصنع بعدة نماذج شعري أو أحادى من حيث المقطع المعدني ويغلف بعازل بلاستيكي بعدة ألوان ومنه ما يكون مزدوجاً (مبسط) و منه مفرداً ومن خلالها يتم وصل الصواعق بالمنبع الكهربي

❖ **<u>السلك المفضل في عملية التفجير السلكي :</u>**

في كل الظروف والحالات يجب الاستفادة من السلك ذات المقاومة المنخفضة وشعري من حيث المقطع المعدني ، وذلك لعدم هدر نسبة كبيرة من الطاقة المنبعثة من المصدر (ألمنياتور)إلى المستهلك (الصاعق) .

❖ **<u>خصائص السلك ذات المقاومة المنخفضة :</u>**

من الأمور التي تعطي هذه الصفة للسلك هي :

أ- نوع المعدن :

يعتبر النحاس من أفضل المعادن المتوفرة في الأسلاك لنقل الطاقة الكهربائية ويليها الالمينيوم ثم الحديد وقبلها الذهب يعد افضلها على الاطلاق ثم الفضة ومن ثم النحاس والاخير ارخصها واوفرها

ب- قطر المعدن :

كلما زاد قطر المعدن تنخفض مقاومته للتيار .

ج- نوع المقطع :

إن مرور التيار الكهربائي في السلك الشعري أسهل من مروره في السلك الآحادي المقطع ولو تساوى المقطعان (الآحادي والشعري)

د- طول السلك :

كلما كان طول السلك أقل تنخفض مقاومته للتيار .

<u>ملاحظات :</u>

❖ إن السلك المثالي هو الذي يجمع كل هذه المواصفات وهي (نحاسي النوع ،شعري الشكل ، ذات مقطع كبير و طول أقل) . وفي حال لم تتوفر كل هذه الشروط فيجب أن نسعى لتوفير واحده منها أو أكثر .

❖ **ولتخطي رداءة نوع الأسلاك وطولها نستخدم الميناتور او الفلاش فانه ينفع لها في كل الأحوال باذن الله.**

❖ وننبه هنا ان الفولت والأمبير يكون في المنبع الكهربائي بينما المقاومة اوم تكون في الاسلاك والصواعق.

❖ كل سلك مقاومته ٢,٥ أوم يحتاج نصف امبير.

كما أنه بإمكاننا حساب مقاومة الأسلاك من خلال القانون التالي :

قانون حساب مقاومة السلك :-

م = ث × ل ÷ س

س تعني مساحة مقطع السلك بالمليمتر المربع . **ث** = ثابت معامل المعدن . **ل** = طول السلك بالأمتار.

والجدول التالي يوضح لنا معاملات (ث) بعض أنواع المعادن :

المعدن	المعامل	المعدن	المعامل
الحديد Fe	٠,١١	النحاس Cu	٠,٠١٧٥
ألمنيوم AL	٠,٠٢٩	الزنك Zn	٠,٠٦٠

علما أن قانون حساب مساحة مقطع السلك :

مساحة مقطع السلك = (طول القطر ÷ ٢) تربيع × ٣,١٤

أو مساحة مقطع السلك = (نصف القطر) تربيع × ٣,١٤

مثال :

سلك قطره ٤ ملم وطوله ١٠٠م ونوعه حديد ، أوجد مقاومته ؟

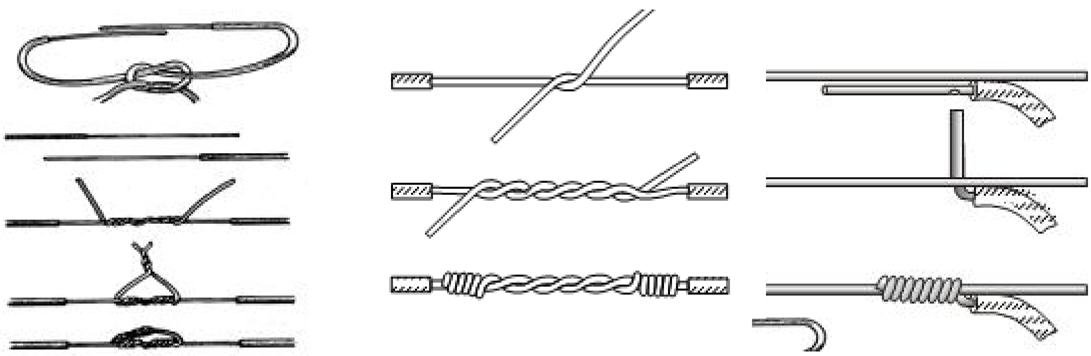
الحل :

س = (٤÷٢) تربيع × ٣,١٤ = ٤× ٣,١٤ = ١٢,٥٦ ملم مربع

وبما أن معامل الحديد = ٠,١١

إذا ٠,١١ × ١٠٠ ÷ ١٢,٥٦ = ٠,٨٧٥ أوم

واليكم صور توضيحية لكيفية وصل الأسلاك ببعضها



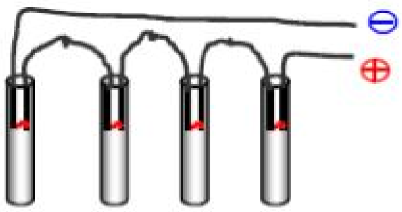
توصيلات الأسلاك (المقاومات)

هناك ثلاثة أنواع لتوصيل المقاومات (الصواعق أو المشعلات)

أولاً : توصيل الصواعق أو المشعلات على التوالي : -

حيث يتم وصل طرف سلك الصاعق الأول مع طرف سلك الصاعق الثاني والطرف الآخر للصاعق الثاني مع الطرف الأول للصاعق الثالث ...وهكذا ، حيث ينتج عندنا بعد التوصيل سلكين غير موصولين (الطرف الأول للصاعق الأول والطرف الثاني للصاعق الثالث)، فنوصل هذين الطرفين أحدهما بموجب البطارية والطرف الآخر بسالب البطارية ، علما أنه لا توجد قطبية في الصواعق أي عدم وجود طرف محدد لموجب أو سالب في الصواعق .

إذا التوصيل المتتالي يحتاج إلى جهد أعلى وتيار أقل منه في التوصيل المتوازي .



ولهذا النوع من التوصيل نحتاج إلى فرق جهد (فولت) كبير . حيث نحتاج لفولت = ١,٥ فولت × عدد الصواعق الموصلة على التوالي ، وقيمة التيار الأمبير (٠,٥ أمبير) تبقى ثابتة كما هي لو كان هناك صاعق واحد .

وتكون فيه المقاومة الكلية (م ك) = مقدار المقاومة الأولي + مقدار المقاومة الثانية + ...

م ك = م١ +م٢ +......

وفي حال كانت المقاومات متساوية فان قيمة المقاومة الكلية = قيمة أحد هذه المقاومات × عددها

مثال ١ :

لدينا أربعة صواعق (مقاومات) تم توصيلها على التوالي ، أوجد مقدار ما تحتاجه الصواعق من الفولت والأمبير لتفجيرها .علما أن الصاعق الواحد يحتاج إلى ١,٥ فولت وإلى ٠,٥ أمبير .

الحل ١ : الفولت الذي تحتاجه الصواعق = ١,٥ فولت × عدد الصواعق .

= ١,٥ فولت × ٤ صواعق = ٦ فولت

أما بالنسبة للأمبير فيبقى ثابت حيث الصاعق الواحد يحتاج إلى ٠,٥ أمبير وهو نفسه ما يلزم مجموع الصواعق

والتوصيل على التوالي ينقسم لقسمين

❖ **توالي مفرد**

ولا يستخدم الا في حالة عدم وجود بطاريات او في التدريب

❖ **وتوالي مزدوج**

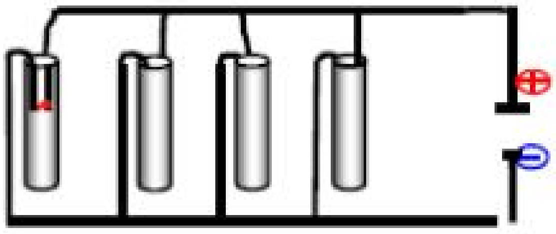
وهو أفضل من المفرد ولكن كلاهما لا يستخدمه المجاهدين

ثانيا : توصيل الصواعق أو المشعلات على التوازي : -

حيث يتم وصل أحد أطراف (أسلاك) الصاعق الأول مع أحد أطراف الصاعق الثاني مع أحد أطراف الصاعق الثالث ... وهكذا وتوصل معاً على موجب البطارية . ثم نجمع السلك الثاني للصاعق الأول مع السلك الثاني للصاعق الثاني مع السلك الثالث للصاعق **الثالث** وتجمع معا على سالب البطارية.

بمعنى أن أسلاك كل صاعق أصبحت موصولة بشكل مباشر مع البطارية .

وتكون قيمة المقاومة الكلية = ناتج قسمة حاصل ضرب هذه المقاومات على حاصل جمع المقاومات .



م ك = (م١×م٢× . .) ÷ (م١ +م٢+ ..)

أو ١ ÷ م ك = (١ ÷ م١) + (١ ÷ م٢) + . .

مثال ٢ :

مقاومتان موصلتان علي التوازي قيمة كل منهما ٢,٥ أوم احسب المقاومة الكلية ؟

الحل ٢ :

م ك = (٢,٥×٢,٥) ÷ (٢,٥+٢,٥) = ٦,٢٥ ÷ ٥ = ١,٢٥ أوم .

وفي هذا النوع من التوصيل نحتاج إلى أمبير أعلى علما أن كل صاعق يحتاج إلى ٠,٥ أمبير .

وفي حال كانت قيمة المقاومات أو الصواعق متساوية .

فان قيمة الأمبير الذي ستحتاجه هذه الصواعق = ٠,٥ أمبير × عدد الصواعق .

أما بالنسبة للفولت فيبقى ثابت حيث تكون القيمة الكلية التي نحتاجها بقيمة ما يحتاج الصاعق الواحد ١,٥ فولت .

مثال ٣ :

لدينا أربعة صواعق تم توصيلها على التوازي ، أوجد مقدار ما تحتاجه الصواعق من الفولت والأمبير لتفجيرها .
علما أن الصاعق الواحد يحتاج إلى ١,٥ فولت ، وإلى ٠,٥ أمبير .

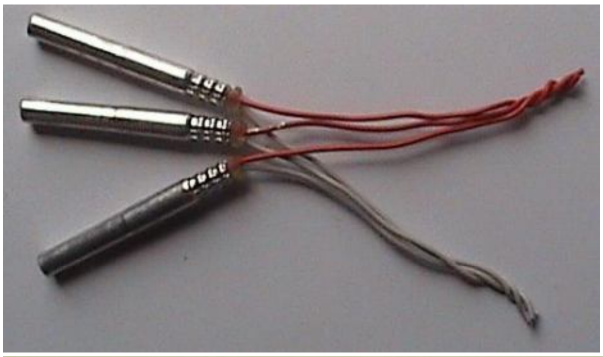
الحل ٣ :

الأمبير الذي تحتاجه الصواعق = ٠,٥ أمبير × عدد الصواعق .

= ٠,٥ × ٤ صواعق = ٢ أمبير

أما بالنسبة للفولت فيبقى ثابت حيث الصاعق الواحد يحتاج إلى ١,٥ فولت وهو نفسه ما يلزم مجموع الصواعق

ملاحظة: هذه الطريقة هي المستخدمة عند المجاهدين في أرض الرباط وفي معظم أراضي الجهاد

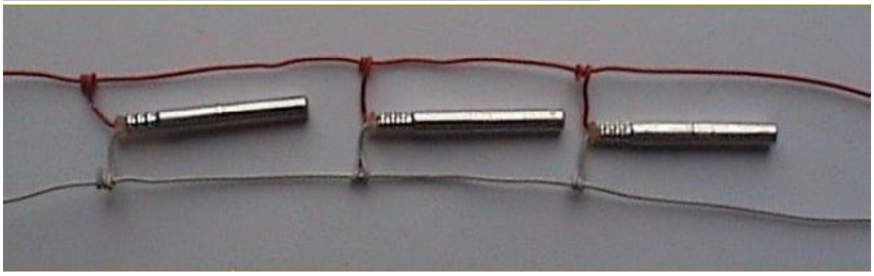


<u>ونقسمها حسب الاستخدام الي</u>

❖ **توازي من نقطة واحدة**

وهي الطريقة المستخدمة عند المجاهدين غالبا وتستخدم في الاحزمة الناسفة وتفخيخ السيارات وغيره .

وهنا ننبه انه كل فرع لصاعق يحتاج لنصف أمبير



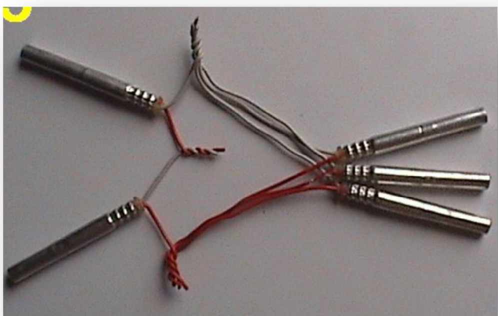
❖ **توازي من عدة نقاط**

وتلي سابقتها في الاستخدام عند المجاهدين ولا فرق بينهما في استخراج الامبير فقط طول السلك هو الذي يختلف

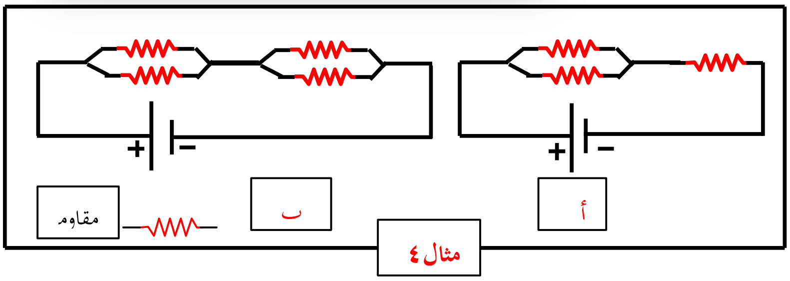
إذا التوصيل المتوازي يحتاج إلى تيار أعلى و جهد أقل منه في التوصيل المتتالي .

ثالثا : توصيل الصواعق أو المشعلات بشكل مختلط (على التوالي والتوازي) :-

يمكن وصل المقاومات بشكل مختلط ، ولها عدة أشكال تختلف باختلاف عدد المقاومات وشكل التوصيل بينها ، ولكن في مجملها يمكن جمعها غالبا علي أحد الشكلين



حيث يجتمع فيها التوصيل على التوالي والتوازي ونلجأ لهذه الطريقة في الحالات التالية :
–



١. إذا أردنا التكيف مع قيمة الفولت والأمبير المتوفرة لدينا.
٢. الاستفادة من توصيلات موجودة والتفريع منها .

وفي هذه الحالة نحسب مقاومة كل نوع على حده ثم نجمعها .

مثال ٤ :

احسب القيمة الكلية للمقاومات في الشكل (أ) ، والشكل (ب) موصولة بالشكل المختلط ؟

علما أن مقاومة كل صاعق = ٢,٥ أوم .

الحل ٤:

حساب القيمة الكلية للمقاومات في الشكل (أ) :

بما أن م١، م٢ متصلتان علي التوازي فان :

(م١×م٢) ÷ (م١+م٢) = (٢,٥×٢,٥) ÷ (٢,٥+٢,٥) = ٦,٢٥ ÷ ٥ = ١,٢٥ أوم .

م٣ = ٢,٥ أوم .

إذا م الكلية = ١,٢٥ + ٢,٥ = ٣,٧٥ أوم .

حساب القيمة الكلية للمقاومات في الشكل (ب) :

(م١×م٢) ÷ (م١+م٢) = (٢,٥×٢,٥) ÷ (٢,٥+٢,٥) = ١,٢٥ أوم .

(م٣×م٤) ÷ (م٣+م٤) = (٢,٥×٢,٥) ÷ (٢,٥+٢,٥) = ١,٢٥ أوم .

إذا المقاومة الكلية = ١,٢٥ +١,٢٥ = ٢,٥ أوم .

ما الفرق بين هذه التوصيلات ؟

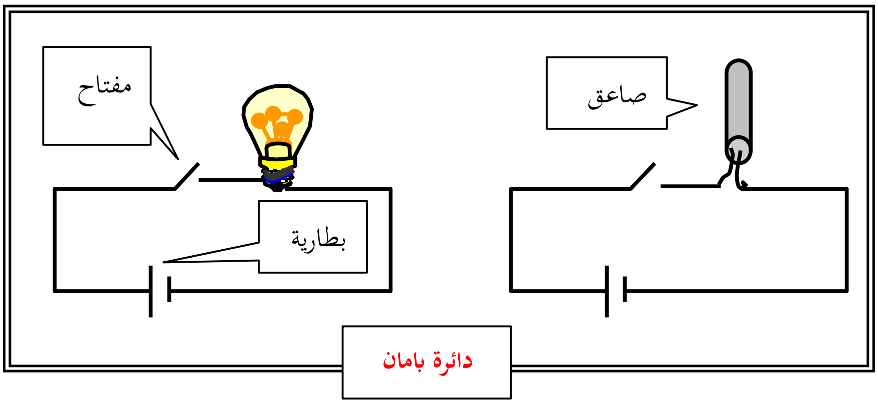
وللإجابة على هذا السؤال نجري هذه المقارنة من خلال الجدول التالي :-

الرقم	مقارنة من حيث ...	التوالي	التوازي
١.	**إذا عطلت أحد المقاومات أو الصواعق**	تتعطل كامل الدائرة	تعمل بقية المقاومات
٢.	**احتياجها إلى فرق جهد**	تحتاج (فولت) جهد عالي	جهد قليل
٣.	**احتياجها إلى تيار(أمبير)**	لا تحتاج إلى تيار عالي	تحتاج إلى تيار عالي
٤.	**شكل الأسلاك الناتج عن توصيل عدة مقاومات أو صواعق .**	سلكين ، سلك من كل طرف .	عدد من الأسلاك في كل طرف ومساوي لعدد الأسلاك في الطرف الآخر وهو نفسه عدد الصواعق .
٥.	**اذا حصل تماس بين سلكي الصاعق او السلك**	تنفجر بقية الصواعق التي لم يحدث فيها تماس	لا تنفجر بقية الصواعق
٦.	**وقت الانفجار**	في آن واحد	بتتابع بفارق زمني ضئيل جدا
٧.	**الامبير وقوة التيار**	كل صاعق ياخذ نفس قوة تيار المصدر	تنقسم قوة التيار من المصدر على عدد الصواعق

ملاحظات :

- ❖ متوسط مقدار مقاومة الصاعق العسكري ٢,٥ أوم ، ويحتاج إلى (١,٥) فولت و (٠,٥) أمبير تقريبا لتفجيره .
- ❖ عند توصيل الصواعق على التوالي غالبا يكفي نصف امبير لكل الصواعق اما في حال التوازي فنحسب لكل صاعق نصف امبير .
- ❖ عند استخدام مقاومات مختلفة في الدائرة الواحدة فيجب حسابها ، ولتجربة صحة حسابنا فإننا نقوم بإجراء الفحص العملي للدائرة ، مستخدمين مصابيح صغيرة بدل الصواعق تحمل نفس مقاومة الصواعق فان أضاءت بشكل جيد جدا لأكثر من مرة فإننا نعتمدها .
- ❖ يجب ان نستخدم صواعق من نفس النوعية ولا تكون عدة نوعيات مختلفة
- ❖ في المجملدائماً يفضل استخدام الفتائل الانفجارية عوضاَ عن كثرة استخدام التوصيلات الكهربائية ، في حالة استخدام الفتائل الانفجارية فإنه يكفينا استخدام صاعقين موصولين على التوازي بالفتيل الانفجاري لتفجير كامل المادة .
- ❖ التعامل مع الصواعق لا يهم فيها مراعاة القطبية ، أي لا يشترط أن نوصل أحد أطراف الصاعق أو المصباح بموجب أو سالب البطارية ، وإن اختلفت ألوان أسلاك الصاعق فإنها تستخدم لسهولة التعامل فقط .

وحتى نبدأ بترجمة هذا الكلام عملياً نقول أن الدائرة الكهربائية البسيطة تتكون من مصدر كهربائي (بطارية) ، أسلاك ، مفتاح ، مصباح أو صاعق كما هو موضح في الصورة :



فعند إغلاق المفتاح الكهربائي فإننا سنلحظ إضاءة اللمبة أو انفجار الصاعق . كما أننا نلاحظ أن الدائرة مكونة من عدة عناصر وكل عنصر من هذه العناصر له مقاومة خاصة به كما ذكرنا في السابق ، لذا يجب حساب المقاومة الكلية للدائرة ، لأنه دون ذلك لن نستطيع تحديد (الجهد) والتيار (الأمبير) الذي تحتاجه الدائرة كي يضيء المصباح أو ينفجر الصاعق ولمعرفة مقاومة العناصر نقوم بفحصها بواسطة جهاز الآفوميتر ونضع فيه المؤشر على أقل قيمة للمقاومة ، ونبدأ برفع قراءة المؤشر حتى تظهر على الشاشة قيمة المقاومة.

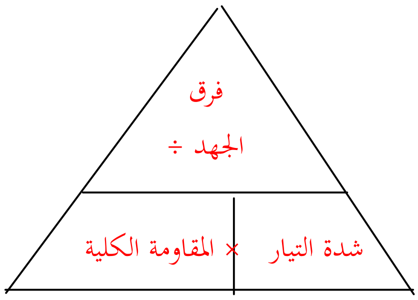
ولكن ما هي العلاقة بين المقاومة والجهد والتيار وكيف تتم عملية الحساب لما نحتاجه من جهد وتيار ؟

فالعلاقة هنا ممثلة بقانون أوم .

قانون أوم :-

فرق الجهد (فولت) = شدة التيار (أمبير) × المقاومة الكلية (أوم)

ويمكن حفظ القانون على الشكل التالي لتسهيل عملية الحساب :-



تطبيقات قانون أوم لحساب كمية الكهرباء اللازمة لتفجير مجموعة صواعق :-

وهو نفس القانون ، إلا أن اختلاف حساب مجموع التيار أو مجموع المقاومات سيختلف باختلاف نوع التوصيل كما سنلاحظ ولذا يجب علينا معرفة الأمور التالية لتطبيق قانون أوم عليها :-

١- يجب معرفة عدد الصواعق وطريقة التوصيل .

٢- يجب معرفة طول الأسلاك الواصلة بين الصواعق والبطاريات .

أولا : قانون أوم للتوصيل على التوالي هو : -

المقاومة الكلية = مقاومة الأسلاك الرئيسية + مقاومة الأسلاك بين الصواعق + المقاومة الكلية للصواعق (عدد الصواعق×٢,٥ أوم)

م ك = م ١ + م ٢ + ن م ٣

حيث أن :

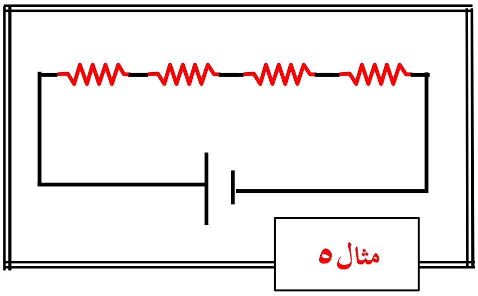
م ك = المقاومة الكلية　　**م١**= مقاومة الأسلاك الرئيسية　　**م٢** = مقاومة الأسلاك بين الصواعق

ن = عدد الصواعق　　**م٣** = مقاومة الصاعق الواحد (٢,٥ أوم)

حساب توصيلات دائرة على التوالي :

مثال ٥ :

دائرة تحتوي على ٤صواعق موصلة على التوالي وطول الأسلاك بين الصواعق ٢٠ متر والخط الرئيسي ١٠٠م فكم فولت وأمبير تحتاج باستخدام الجهد والتيار المنزلي . (علما أن مقاومة السلك المفرد = ٢,٥ أوم لكل ١٠٠م) . انظر **كما بالصورة.**



الحل ٥ :

فرق الجهد (فولت) = شدة التيار (أمبير) × المقاومة الكلية (أوم)

طول الأسلاك الرئيسية = ١٠٠ × ٢ = ٢٠٠ متر (ضعف طول الخط الرئيسي على اعتبار أنه سلكين – مزدوج–)

مقاومة الأسلاك الرئيسية (م١)= (٢٠٠ ÷ ١٠٠) × ٢,٥ = ٥ أوم

مقاومة الأسلاك بين الصواعق (م٢) = (٢٠ ÷ ١٠٠) × ٢,٥ = ٠,٥ أوم .

المقاومة الكلية للصواعق (ن م٣) = قيمة أحد هذه المقاومات(الصواعق) × عددها . . (بما أن قيمة مقاومة الصواعق متساوية)

= ٢,٥×٤= ١٠أوم .

م ك = م١ + م٢ + ن م٣

المقاومة الكلية = ٥ +٠,٥ + ١٠ = ١٥,٥ أوم .

الأمبير المطلوب = ٠,٥ أمبير (لأنه على التوالي) .

فرق الجهد (فولت) المطلوب = شدة التيار (أمبير) × المقاومة الكلية (أوم)

= ٠,٥ × ١٥,٥ = ٧,٢٥ فولت .

ثانيا : قانون أوم للتوصيل على التوازي هو :-

المقاومة الكلية = مقاومة الأسلاك الرئيسية + (مقاومة الفرع الواحد+(عدد الصواعق في الأفرع ×مقاومة الصاعق الواحد)) ÷ عدد الأفرع

م ك = م ١ + (م ٢ + ن ١ م ٣) ÷ ن ٢

حيث أن :

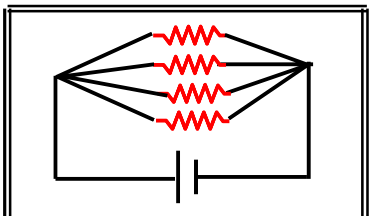
م ك = المقاومة الكلية　　م١ = مقاومة الأسلاك الرئيسية　　م٢ = مقاومة الفرع الواحد

م٣ = مقاومة الصاعق الواحد　　ن١ = عدد الصواعق في الأفرع　　ن٢ = عدد الأفرع

حساب توصيلات دائرة على التوازي : -

مثال ٦ :

دائرة تفرع من نقطة تحتوي على أربع أفرع في كل فرع صاعق واحد ، طول الأفرع ٢٠ م ، وطول الأسلاك ١٠٠ م من كل طرف . أوجد كم فولت وكم أمبير تحتاج الدائرة ؟ (علما بأن التيار من البطاريات وكذلك مقاومة الأسلاك ٢,٥ أوم لكل ١٠٠ م) . انظر **الصورة** .



مثال٦

الحل ٦ :

فرق الجهد (فولت) = شدة التيار (أمبير) × المقاومة الكلية (أوم)

م ك = م١ + (م٢ + ن١ م٣) ÷ ن٢

مقاومة الأسلاك الرئيسية (م١)= (٢٠٠ ÷ ١٠٠) × ٢,٥ = ٥ أوم .

مقاومة الفرع الواحد (م٢) = بما أن طول الأفرع ٢٠ م إذا طول الفرع الواحد ٥م

م٢ = (٥ ÷ ١٠٠) × ٢,٥ = ٠,١٢٥ أوم .

مقاومة الصاعق الواحد (م٣) = ٢,٥ أوم .

عدد الصواعق في الأفرع (ن١) = ١ صاعق .

عدد الأفرع (ن٢) = ٤ أفرع .

إذا المقاومة الكلية (م ك) = ٥ + (٠,١٢٥ + (١ × ٢,٥)) ÷ ٤ = ٥,٦٦ أوم

الأمبير الكلي = عدد الأفرع × ٠,٥ (بما أن كل صاعق يحتاج ٠,٥ أمبير)

= ٤× ٠,٥ = ٢ أمبير .

فرق الجهد = ٢ × ٥,٦٦ = ١١,٣٢ فولت .

ثالثا : قانون أوم لتوصيلات دائرة مختلطة (الصواعق فيها على التوالي) : نفس القانون السابق

المقاومة الكلية = مقاومة الأسلاك الرئيسية + (مقاومة الفرع الواحد+(عدد الصواعق في الأفرع ×مقاومة الصاعق الواحد)) ÷ عدد الأفرع

م ك = م١ + (م٢ + ن١ م٣) ÷ ن٢

حيث أن :

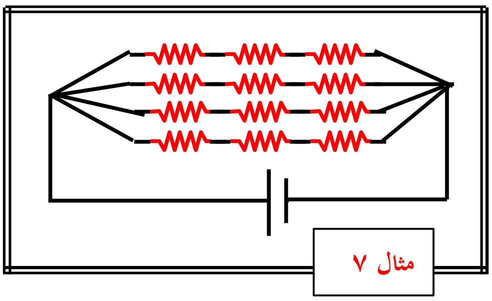
م ك = المقاومة الكلية — م١ = مقاومة الأسلاك الرئيسية — م٢ = مقاومة الفرع الواحد

م٣ = مقاومة الصاعق الواحد — ن١ = عدد الصواعق في الأفرع — ن٢ = عدد الأفرع

حساب توصيلات دائرة مختلطة (الصواعق على التوالي) .

مثال ٧ :

دائرة مختلطة تحتوي أسلاك رئيسية بطول ٥٠م من كل طرف ، وأربعة أفرع طول الفرع الواحد ١٠ م ، في كل فرع ٣ صواعق متصلة على التوالي ، ومقاومة الأسلاك لكل ١٠٠ م مزدوج = ٦ أوم ، والتيار المستخدم بطاريات مستمر . أوجد الفولت والأمبير الذي تحتاجه الدائرة . انظر **الشكل** (٨) .



الحل ٧ :

فرق الجهد (فولت) = شدة التيار (أمبير) × المقاومة الكلية (أوم)

م ك = م١ + (م٢ + ن١ م٣) ÷ ن٢

مقاومة الأسلاك الرئيسية م١ = (١٠٠ ÷ ١٠٠) × ٦ = ٦ أوم .

مقاومة الفرع الواحد م٢ = (١٠÷ ١٠٠) × ٦ = ٠,٦ أوم .

عدد الصواعق في كل فرع ن١ = ٣ صواعق .

مقاومة الصاعق الواحد م٣ = ٢,٥ أوم .

عدد الأفرع ن٢ = ٤ أفرع .

م ك = ٦ + (٠,٦ + ٣ × ٢,٥) ÷ ٤ = ٨,٠٢٥ أوم

الأمبير الكلي = ٤ × ٠,٥ = ٢ أمبير (لأن الصواعق على التوالي)

إذا فرق الجهد = ٢× ٨,٠٢٥ = ١٦,٠٥ فولت .

رابعا : قانون أوم لتوصيلات دائرة مختلطة (الصواعق فيها على التوازي) :

المقاومة الكلية = مقاومة الأسلاك الرئيسية + مقاومة الأسلاك بين الصواعق + (عدد الصواعق في الدائرة ×مقاومة الصاعق الواحد) ÷ مربع عدد الصواعق في الفرع الواحد المتصلة على التوازي

م ك = م ١ + م ٢ + (ص م ٣) ÷ ع تربيع

حيث أن :

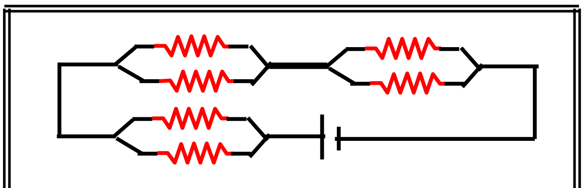
م ك = المقاومة الكلية   **م١**= مقاومة الأسلاك الرئيسية   **م٢** = مقاومة الأسلاك بين الصواعق

ص= عدد الصواعق في الدائرة   **م٣** = مقاومة الصاعق الواحد (٢,٥ أوم)   **ع** = عدد الصواعق المتصلة على التوازي في الفرع الواحد

حساب توصيلات دائرة مختلطة (الصواعق على التوازي) :

مثال ٨ :

دائرة تسلسلية مزدوجة بها ٦ صواعق ، تحتوي على أسلاك رئيسيه بطول ١٠٠م من كل طرف ، ٢٠ م طول الأسلاك الواصلة بين الأزواج ومقاومة الأسلاك ٥ أوم لكل ١٠٠ م والتيار منزلي . انظر **كما بالصورة** .



مثال ٨

الحل ٨ :

فرق الجهد (فولت) = شدة التيار (أمبير) × المقاومة الكلية (أوم)

م ك = م١ + م٢ + (ص م٣) ÷ ع

مقاومة الأسلاك الرئيسية م١ = (٢٠٠ ÷ ١٠٠) × ٥ = ١٠ أوم .

مقاومة الأسلاك بين الصواعق م٢ = (٢٠ ÷ ١٠٠) × ٥ = ١ أوم .

عدد الصواعق في الدائرة ص = ٦ صواعق

مقاومة الصاعق الواحد م٣ = ٢,٥ أوم

عدد الصواعق المتصلة على التوازي في الفرع الواحد ع = ٢ صاعق

م ك = ١٠ + ١ + (٦ × ٢,٥) ÷ ٤ = ١٠ + ١ + ٣,٧٥ = ١٤,٧٥ أوم .

بما أن عدد الصواعق في الأفرع متساوية ، فان التيار الذي يحتاجه الفرع الواحد هو نفسه الذي يمر في بقية الأفرع .

الأمبير الكلي = التيار الذي يحتاجه الفرع الواحد = ٠,٥ × **ع = ١ أمبير**

فرق الجهد = ١ أمبير × ١٤,٧٥ أوم = ١٤,٧٥ فولت .

حساب الشبكات الكهربائية

واليكم قانون عام لحساب قوة التيار الذي سيمر عبر الشبكة الكهربائية:

I = قوة التيار (A) .

V = الجهد (V) .

r1 = مقاومة مصدر التيار الكهربائي (Ω) (تساوي صفر في البطاريات)

r2 = مقاومة الاسلاك الموصلة (Ω) .

r3 = مقاومة الصاعق (Ω) .

n = عدد الصواعق على التوالي في كل تفريعة .

m = عدد التفريعات . (في حالة التوالي تكون قيمتها = ١)

التيار الذي سيمر في الصاعق الواحد من الشبكة:

$$i = I/M$$

مثال: ما هو التيار اللازم لتفجير عشر صواعق، مقاومة الصاعق ١,٨ اوم ويحتاج الي ٠,٥ امبير حيث مقاومة مولد التيار ٥,٦ اوم ويعطي ٣٠ فولت ومقاومة الاسلاك الموصلة ٤,٦ اوم

❖ **اذا كانت الشبكة على التوالي**

I = 30/(5.6+4.6+(10/1)*1.8) = 1.06 A

التيار يكفي لتفجير الشبكة

❖ **اذا كانت الشبكة على التوازي**

I = 30/(5.6+4.6+(1/10)*1.8) = 2.89 A

i=2.89/10 = 0.28A

التيار لا يكفي لتفجير الشبكة

❖ **اذا كانت الشبكة مختلطة : خمس صواعق على التوالي في تفريعتين**

I = 30/(5.6+4.6+(5/2)*1.8) = 2.04 A

i= 2.04/2 = 1.02 A

التيار يكفي لتفجير الشبكة.

المنابع الكهربائية

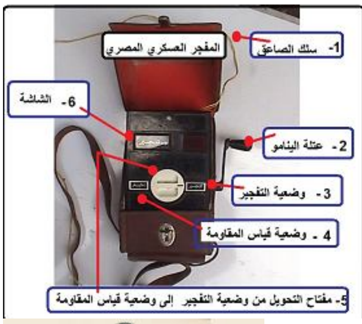
<u>وهو الوسيط الرابع من وسائط التفجير الخمسة بعد الصواعق والفتائل والأسلاك</u>

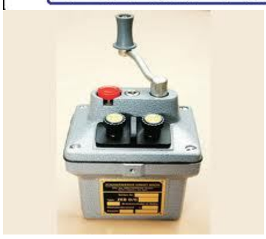
للكهرباء أهمية بالغة في الحياة المعاصرة، فقد أصبحت ضرورة من ضرورات الحياة وهي كذلك بالنسبة لعمليات التفجير، وللكهرباء منابع كثيرة تختلف عن بعضها في طريقة إنتاج الكهرباء، والمصادر التي يمكن استخدامها في عمليات التفجير كالتالي:

١- **تيار المنزل الكهربائي:** يسمى بالتيار المتردد ويرمز له بالرمز AC ويعمل بفرق جهد (فولت) من ١١٠ – ٢٢٠ فولت ويعمل بشدة تيار من ٥-١٠ أمبير

٢- **الطاقة الشمسية:** تعطي كل خلية من خلايا الطاقة الشمسية ٠,٥ أمبير.

٣- **المُفَجِرات العسكرية الميناتور:** <u>وهو عبارة عن أداة لتوليد طاقة كهربائية غالباً ما تكون آنية</u> ، <u>تمتاز بجهد عالي وتيار مقبول لتفجير الصاعق الكهربائي</u> . وهي مولدات كهربائية تعمل بطريقة الشحن والتفريغ .منها مفَجِرات عسكرية تفجر ٥٠ صاعق على التوالي، ومنها مفجرات عسكرية تفجر ١٠٠ صاعق على التوالي، وتعطي هذه المفجرات تقريباً ١٧٥٠ فولت و ٥-٧ أمبير.





والميناتور له عدة انواع من حيث توليد الشحنة الكهربائية

أ – ألمنياتور المولد للطاقة (الميكانيكي) :

يد الشحنة منه بفعل حركة معينه للمقبض أو غير ذلك ، وغالباً ما يفضل هذا النمط في النظام الكلاسيكي وهو لا يزود ببطاريات للتغذية .

ب – ألمنياتور المقوي للشحنة (الكهربائي):

ويتم ذلك عبر الاستفادة من بطارية تغذية له وبدوره يقوم بتحويل جهد بطارية التغذية ورفعه لينتج منه جهدا عاليا قويا . (ويعتبر فلاش الكاميرا مثال عملي له)

الميناتور (فلاش الكاميرا): وهو أنواع يعطي ١٥٠٠ فولت و ٥-٧ أمبير والنوع المشتهر بغزة ويستخدمه المجاهدون يعطي ما يزيد قليلا على ٣٠٠ فولت وسيتم شرحه بالتفصيل والصور لسهولة تحويله واستخدامه ولقلة تكلفته ويسمى كاميرا الاستخدام للمرة الواحدة.

الميناتور و طريقة استخدامه:

يستخدم الميناتور كمصدر للطاقة في عملية التفجير، حيث أنه يحتوي على مكثف و يتغذى المكثف من حجر بطارية صغير، و عندما يتم تفريغ الطاقة التي في الميناتور فإنه يصدر ٣٠٠ – ٣٥٠ فولت و هذه القراءة تعتبر لديها القدرة على تفجير الصاعق المستخدم في الميدان و من مسافة بعيدة.

طريقة عمل الميناتور:

- يتم فتح مفتاح الشحن و ننتظر حتى يتم تظهر إضاءة في الميناتور.
- نغلق مفتاح الشحن و ذلك لكي لا يشحن الميناتور مرة أخرى بعد التفريغ.
- نغلق الدائرة بالضغط على مفتاحي التفجير في الميناتور حينما يكون الهدف مقابل العبوة.

طريقة فحص الميناتور:

يتم فحص الميناتور للتأكد من كفاءته في العمل و التأكد من عدم وجود عطل فيه.

- نستخدم في فحص الميناتور ساعة الفحص الآفوميتر.
- نضع مؤشر الآفوميتر على أعلى رقم في أرقام فحص فرق الجهد (الفولت) ويكون ١٠٠٠.
- نثبت أقطاب الساعة في أطراف مفجر الميناتور.
- نقوم بشحن الميناتور و عندما ينتهي الميناتور من الشحن نغلق مفتاح الشحن.

- نضغط على أحد المفتاحين لوحده و نتركه و نضغط على المفتاح الآخر و نتركه و نلاحظ وجود أي قراءة في عمليات الضغط و ذلك خوفاً من وجود تماس في أحد المفتاحين ، الأمر الذي يمكن أن يجعلنا أن نفجر العبوة في حال الضغط على مفتاح واحد.
- نضغط على مفتاحي التفجير في الميناتور و نلاحظ الرقم الظاهر على شاشة ساعة الفحص.
- إذا كانت القراءة من ٣٠٠ – ٣٥٠ فولت يكون مفجر الميناتور في حالة جيدة.
- إذا كانت القراءة متدنية فإن الخلل قد يكون في بطارية التغذية (حجر البطارية الصغير) و يحتاج الميناتور إلى تغيير حجر التغذية.
- إذا لم يعطي قراءة و بقيت الأرقام 0.00 (صفر) هذا يعني أنه يوجد خلل في الميناتور و يحتاج إلى صيانة.

ملاحظة هامة جدا:

إن استخدام الميناتور في الميدان يعتبر ضروري جداً و ذلك لأن الطاقة الصادرة من الميناتور تصعق المشعل و تجعل النار الصادرة عنه قادرة على تفجير الصاعق و حرق والورقة العزلة بين الصاعق و المشعل، و إذا استبدلنا الميناتور بالبطاريات فإن الشرارة الصادرة عن المشعل ستكون ضعيفة و لن تستطيع تفجير الصاعق.

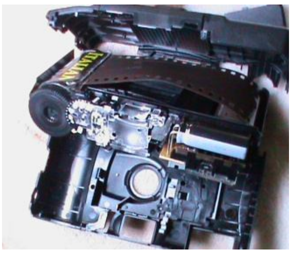
أخطاء تمارس في الميدان تختص بالميناتور:

- الشحن و التفريغ المستمر يتسبب في تفريغ بطارية التغذية الموجودة في الميناتور و هذا يؤدي إلى توقف عمل الميناتور.
- توصيل أسلاك الميناتور ببعضها العض و تفريغ الميناتور يؤدي إلى انقطاع في الدائرة من داخل الميناتور و هذا يؤدي إلى عطل في الميناتور.
- عدم توفير بطارية تغذية للميناتور احتياطية، تؤدي إلى توقف عمل الميناتور في حال انتهاء شحنة البطارية المستخدمة في الميناتور.
- عدم فحص قدرة الفولت الصادرة عن الميناتور بواسطة ساعة الفحص.

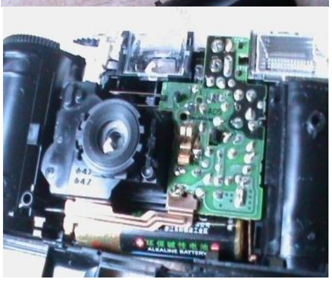
هام جدا//كيف نستفيد عمليا من الكاميرا ذات الاستخدام للمرة الواحدة في صناعة الميناتور

هناك انواع كاميرات اغلبها مصنوع بالصين تباع في محلات التصوير وهي للاستخدام لمرة واحدة وهي عبارة عن كاميرا بلاستيكية بداخلها فيلم غالبا ما تكون رخيصة جدا حيث باستطاعتك شرائها باقل من خمسة دولارات طبعا وتبقى معك سنوات وسنوات اذا حافظت عليها .

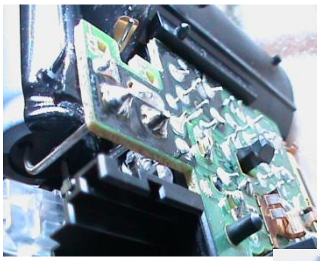
أما طريقة تحويلها واخراج سلكين منها فهي اسهل ما تكون وتستخدم نفس بدنها في عملك ومن الممكن ان تستخدم علبة اخرى وسنشرح الطريقتين وهذا الشرح مصور بدقة تباعا والصور جودتها عالية بامكانك تكبيرها لرؤيتها بشكل افضل



- **خطوات العمل:**

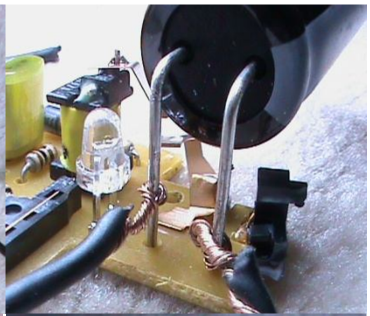
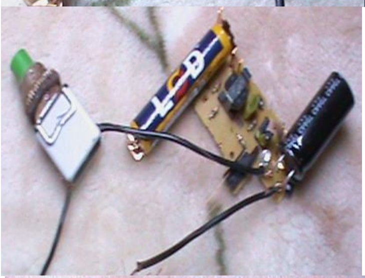


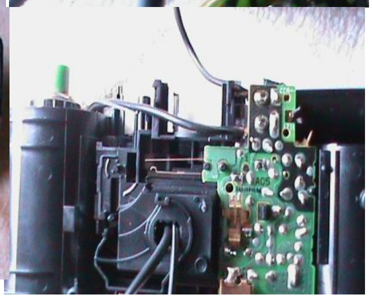
- ❖ نقوم بفك غطاء الكاميرا وهي غالبا تكون مثبتة بدون براغي (مسمار برمة عند اهل الكنانة)



- ❖ نقوم بالتركيز حين الفك وان نحافظ على القطع البلاستيكية بداخلها ونحفظ اين مكانها بالضبط لأنك لربما ترمي قطعة صغيرة او تقع منك دون قصد وبعدم وجودها حين التركيب لا تستطيع الشحن

- ❖ نقوم بعدها بفك اللوحة الالكترونية كما بالصور وكما نرى هناك مكثف كبير الحجم يكون بالقرب من فلاش الكاميرا وهو الذي يعطي ضوء الفلاش
- ❖ بكل سهولة نقوم بلحم سلك في رجل المكثف وسلك اخر في رجل المكثف الاخرى

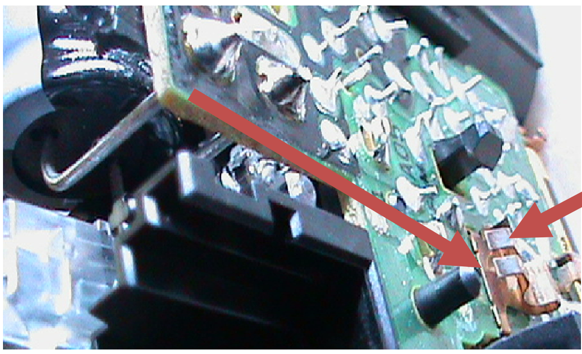
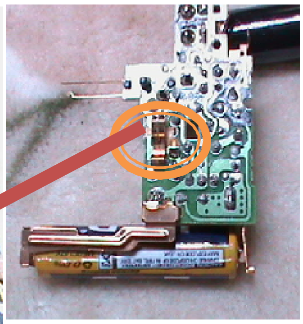





- ❖ نقوم بعمل مفتاح امان في كل سلك ونثبتهما على اعلى وعاء الكاميرا او تقوم بفتح مكان لهما في وعائها لانه بلاستيكي سهل التعامل معه وتطويعه كما تريد ويفضل ان يكون المفتاح كبسة أي يعمل حين الضغط عليه فقط وحين تركه تفتح الدائرة (<u>سنشرح لاحقا كيفية عمل دائرة امان)</u>

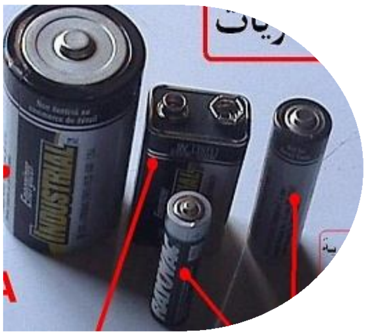
- ❖ **يصبح عندنا الان مفتاحي امان ويخرج من الكاميرا سلكين هما التي تخرج منهما الشحنة الكهربائية**

- ■ هذه الطريقة هي عبارة عن فتح آفاق لديك وانت تطور كما شئت وتضع الشكل كما تريد وبامكانك التغيير في مفاتيح الامان ولربما تلغيها في حال التشريك والتوقيت وغير ذلك المهم ان تصل لغايتك

- ▪ **وهنا بالصورة كما يظهر عند الضغط عليها ملامستهما لبعضهما تتم عملية الشحن**

- ▪ وبالامكان وضعها في علبة خارجية كما بالصور التالية



٤- **البطاريات**: ولها استخدامات واسعة وكثيرة في عالم المتفجرات وهي من أهم المنابع الكهربائية في عمليات التفجير ويمكن ان تعطى البطاريات من ١,٥ – ٢٤ فولت ومن ١ -٧٠ أمبير وهناك طرق لزياة الفولت والامبير في الدائرة سنتطرق لها بالتفصيل بعد قليل.

أنواع البطاريات

١- من حيث المواد المستخدمة:

أ- **بطاريات جافة:** وهي بطاريات تحتوى على مواد كيماوية جافة وهي المستخدمة في المنازل . (وهي محل دراستنا في دوائر التفجير).

- البطاريات المنزلية تكون كلها ذات فرق جهد واحد وهو ١,٥فولت أيا كان حجمها الذي يختلف هو تيارها ويزداد بازدياد حجمها ولا يكتب التيار عادة عليها. ماعدا النوع ذو الشكل المستطيل يكون ٩فولت ولا يكتب أيضاً عليه تيار لكن يكون عادة ٠,٥ أمبير .
- لاحظ أحجام البطاريات الجافة التي تستعمل في تشغيل الأجهزة المنزلية:
- هناك أربعة أحجام الحجم الكبير ، ثم المتوسط، ثم الصغير(القلم)، ثم الأصغر .

وكل منها له جهد ١,٥ فولت ولكن شدة التيار تكون أكثرها في أكبرها حجما.

فإذا كانت طاقة أصغرها (١ أمبير × ١,٥ فولت= ١,٥واط) فإن الثانية(من اليسار) ربما تكون ذات طاقة أكبر (٢ أمبير × ١,٥ فولت=٣ واط) وهكذا وحسب نوعية المواد الكيماوية المصنوعة منها وحسب عمرها حتى وإن لم تكن مستعملة، فالبطاريات مثل علب السردين لها مدة صلاحية(يكتب في العادة على البطاريات تاريخ الصلاحية) فإن كانت ملقاة على رف في إحدى البقالات لعشر سنوات فأحذر الاعتماد عليها! لأنها تفرغ بسرعة.

- الفرق ما بين البطاريات المختلفة الحجم أعلاه أنها متفاوتة في مدة عملها عندما نستعملها في تشغيل أي جهاز كهربائي أو إلكتروني.

فإ ذا كانت أصغرها ربما تعمل على تشغيل ساعة مُنَبِه لمدة سنة فالصغرى التي تكبرها حجماً ربما تشغِّل نفس ساعة المنبه لمدة سنتين أو أكثر . والبطارية الوسطى ربما تشغل ساعة المنبه نفسها لمدة ثلاث أو أربع سنوات و البطارية الكبرى ربما تشغل نفس ساعة المنبه لمدة خمس أو ست سنوات وهكذا.

ب- **بطاريات سائلة:** وهي بطاريات تحتوى على مواد كيماوية سائلة (حمض الكبريتيك مثلا) وهي مثل بطاريات السيارة.

٢- من حيث القابلية للشحن:

أ- بطاريات قابلة للشحن: وعادة يكتب عليها التيار التي تحتويه.

ب- بطاريات غير قابلة للشحن.(وهى محل استخدامنا)

سنعتمد في دوائر التفجير على البطاريات الجافة الغير قابلة للشحن.

كيفية الحصول على فرق جهد عالي أو تيار كبير ؟

كما قلنا أن من أكثر مصادر الطاقة المستخدمة في الحروب الجهادية هو التيار المستمر DC ، ومصدره في الغالب البطاريات ، بغض النظر عن كون مصدر هذا التيار الثابت هو بطاريات جافة أو سائلة . . إلا أنه وبشكل عام البطاريات الجافة تعطي تيار قليل ، بينما البطاريات السائلة (الدراجات ، السيارات) تعطي تيار كبير .

أولا : الحصول على فرق جهد عالي (فولت) : -

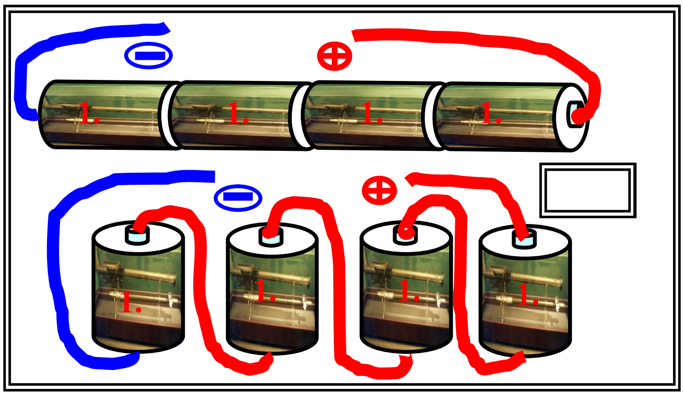
للحصول على فرق جهد عالي فإننا نلجأ **لتوصيل البطاريات على التوالي** .

طريقة توصيل البطاريات على التوالي :

يتم توصيل موجب البطارية مع سالب البطارية الأخرى وهكذا ،كما في حالة الراديو المنزلي أو المصباح اليدوي وهناك طريقة سهلة لشبك بطاريات ٩ فولت على التوالي حيث لا تحتاج لسلك لحام او أي شئ حيث انها صممت لتركب في غيرها وايضا يوجد لها كبشة (وصلة) خاصة تتركب بالطارية ويخرج منها سلكين وقد ذكرنا كلتا الطريقتين بالتفصيل والصور سابقا عندما تحدثنا عن البطاريات.

عند توصيل البطاريات نحصل على **قيمة لفرق الجهد (فولت) = عدد البطاريات × قيمة فولت البطارية الواحدة**

أما كمية التيار فتبقى ثابتة بقدر كمية التيار للبطارية الواحدة .



مثال:

أربعة بطاريات فرق الجهد للبطارية الواحدة = ١,٥ فولت ، وكمية التيار في البطارية الواحدة ١ أمبير ساعة . احسب قيمة فرق الجهد وكمية التيار الناتج عند توصيل البطاريات الأربعة على التوالي

الحل:

فرق جهد مجموع البطاريات = فرق جهد البطارية الواحدة × عدد البطاريات

= ١,٥ فولت × ٤ = ٦ فولت

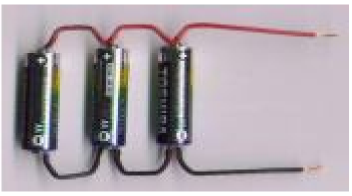
أما كمية التيار في مجموع البطاريات = كمية التيار في بطارية واحدة = ١ أمبير ساعة .

ثانياً : الحصول على تيار كبير (أمبير) :-

وللحصول على تيار كبير فإننا نلجأ **لتوصيل البطاريات على التوازي** .

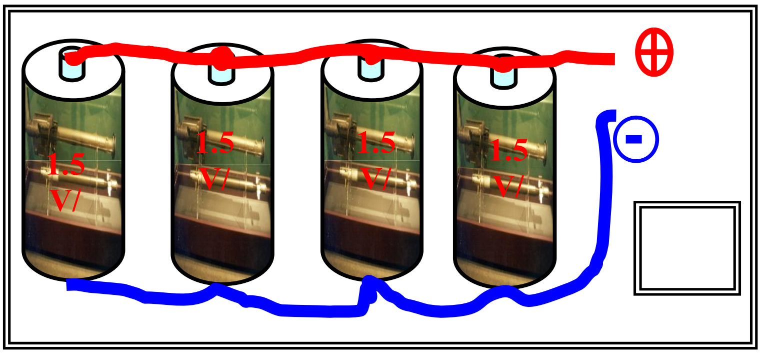
طريقة توصيل البطاريات على التوازي :

للحصول على تيار عالي نقوم بتوصيل البطاريات بطريقة التوازي حيث يتم وصل موجب البطارية الأولى مع موجب البطارية الثانية مع موجب البطارية الثالثة .. وكذلك سالب البطارية الأولى مع سالب البطارية الثانية مع سالب البطارية الثالثة ..



وفي هذه الحالة نحصل على **كمية للتيار (الأمبير ساعة) = عدد البطاريات × كمية التيار في البطارية الواحدة .**

أما بالنسبة لفرق الجهد الفولت فيبقى ثابت أي بقيمة فرق جهد (فولت) بطارية واحدة .



مثال :

لدينا أربعة بطاريات كمية التيار في البطارية الواحدة = ٠,٥ أمبير ساعة

وقيمة فرق الجهد للبطارية الواحدة = ١,٥ فولت .

احسب قيمة فرق الجهد وكمية التيار الناتجين عن توصيل البطاريات على التوازي كما في الشكل (١١) .

الحل :

كمية التيار على التوازي = كمية التيار في البطارية الواحدة × عدد البطاريات

كمية التيار الناتجة بعد التوصيل = ٠,٥ أمبير ساعة × ٤ بطاريات = ٢ أمبير ساعة .

قيمة فرق الجهد الناتج بعد التوصيل = قيمة الجهد للبطارية الواحدة ويساوي ١,٥ فولت .

ثالثا : الحصول على فرق جهد عالي (فولت) وتيار كبير (أمبير) :-

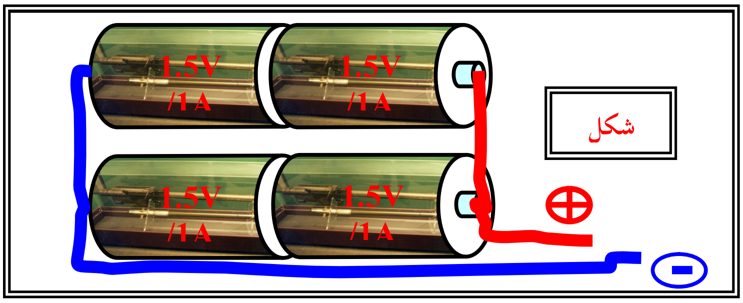
وللحصول على فرق جهد عالي (فولت) وتيار كبير فإننا نلجأ **لتوصيل البطاريات بشكل مختلط (على التوالي والتوازي** معا) .

توصيل البطاريات بشكل مختلط (على التوالي والتوازي معا) :

- يتم توصيل عدة بطاريات على التوالي ، موجب البطارية الأولى مع سالب البطارية الثانية . . . وهكذا ، فنحصل على عدة بطاريات موصولة مع بعضها على التوالي لنسميها (**المجموعة أ**) .
- نكرر الخطوة السابقة على عدة بطاريات أخريات للحصول على عدة بطاريات موصولة مع بعضها على التوالي أيضا لنسميها

(**المجموعة ب**) .

- ثم نقوم بوصل موجب البطاريات في (**المجموعة أ**) مع موجب البطاريات في (**المجموعة ب**) .
- ثم نقوم بوصل سالب البطاريات في (المجموعة أ) مع سالب البطاريات في (المجموعة ب) .



مثال :

لدينا أربعة بطاريات كمية التيار في البطارية الواحدة = ١ أمبير ساعة وقيمة فرق الجهد للبطارية الواحدة = ١,٥ فولت .

احسب قيمة فرق الجهد وكمية التيار الناتجين عن توصيل البطاريات بشكل مختلط كما هو في **الشكل** (١٢) .

الحل :

❖ فرق جهد للبطاريات في المجموعة (أ) = فرق جهد البطارية الواحدة × عدد البطاريات

= ١,٥ فولت × ٢ = ٣ فولت

أما كمية التيار في المجموعة (أ) = كمية التيار في بطارية واحدة = ١ أمبير ساعة .

❖ فرق جهد للبطاريات في المجموعة (ب) = فرق جهد البطارية الواحدة × عدد البطاريات

= ١,٥ فولت × ٢ = ٣ فولت

أما كمية التيار في المجموعة (ب) = كمية التيار في بطارية واحدة = ١ أمبير ساعة .

❖ فرق جهد للبطاريات في المجموعة (أ) و (ب) = فرق جهد المجموعة (أ) = فرق جهد المجموعة (ب) = ٣ فولت

❖ كمية التيار في البطاريات للمجموعة (أ) و (ب) = كمية التيار في المجموعة (أ) + كمية التيار في المجموعة (ب)

= ١ + ١ = ٢ أمبير ساعة

ملاحظات عامة عند توصيل البطاريات :

- ❖ بالتجربة الصواريخ الدولية كـ الجراد و١٠٧ و ١٣٠ وما شاكلها تحتاج لبطاريتان ٩ فولت موصولات على التوازي ، والتوالي لا ينفع غالبا الا اذا كان امبير البطاريات المستخدمة كبير نسبيا
- ❖ بالنسبة لعملنا فيجب استخدام بطاريات من نوع الكلاين ، ومن أفضل النوعيات الموجودة في الأسواق (باناسونيك –دوراسيل ..الخ) .
- ❖ أن تكون البطاريات جديدة وغير مستخدمة في التجريب .
- ❖ عند توصيل البطاريات على التوالي يشترط أن تتساوى كمية التيار (الأمبير ساعة) في جميع البطاريات المستخدمة في التوصيل .
- ❖ في حال استخدام البطاريات الجافة يمنع اللحام على نفس البطارية ، و يمكن الاستفادة من علب البطاريات الجاهزة وهناك شبكة جاهزة لتتركب على بطاريات ٩ فولت
- ❖ إذا أردنا الحصول على فولت أعلى فيفضل استخدام بطاريات ٩ فولت ، لصغر حجمها وسهولة توصيلها.
- ❖ للحصول على تيار أكبر من البطاريات الجافة فيفضل استخدام بطاريات ١,٥ فولت (القلم) حيث كمية التيار فيها أكبر من الموجود في البطاريات ٩ فولت .
- ❖ للحصول على كم أكبر من التيار نستخدم البطاريات ذات الحجم الأكبر ، فمثلا البطاريات ١,٥ فولت لها حجم (صغير – متوسط – كبير) فنستخدم البطاريات الكبيرة من ١,٥فولت **لاطالة عمر الدائرة (البطاريات الكبيرة ستعطي نفس التيار المسحوب لأن لها نفس جهد البطاريات الصغيرة بينما سيطول عمر الدائرة لأن كمية التيار أو الأمبير ساعة أكبر) .**
- ❖ يفضل الاستفادة من البطاريات السائلة (بطارية السيارة أو الدراجة) لأنها تعطي فولت وأمبير عاليين ، فمثلا بطارية السيارة تعطي ١٢ فولت و ٦٠ أمبير .
- ❖ المفجرات المعتادة عندنا ٣ او ٥ بطاريات ٩ فولت موصولة على التوالي وهي جيدة لتوصيل التيار لمسافة طويلة نوعا ما ولكن بالتجربة الافضل والانجح والاضمن استخدام اربع بطاريات ٩ فولت موصولة بطريقة مختلطة ثنتين ثنتين على التوازي وكليهما موصول على التوالي وان كانت المقاومة قليلة فبطاريتين ٩ فولت على التوازي تكفي وكما قلنا للصواريخ الدولية وما شابهها لانها تحتاج لامبير عالي نوعا ما.

توجيه عام :

وحتى لا تتثاقل أخي الكريم من كثرة القوانين أو صعوبة حفظها ، وحتى يتسنى لك العمل بإذن الله وتثخن في أعداء الله وحتى لا تكون هذه القوانين عائق لك ، فإننا نجمل لك التالي :

أولا : غالبا ما ستستخدم توصيل صاعقين على التوازي لعبوة واحدة قد تزن (١٠- ١٥) كجم مثلا . وفي هذه الدائرة سنحتاج إلى بطاريتين جافة ٩ فولت موصولة على التوازي مع الكرم . ومع ذلك يجب علينا أن نجرب فالتجربة المتكررة النجاح على نفس المكونات والظروف هي مرجعيتنا في اعتماد عملنا وليست القوانين النظرية فقط .

ثانيا : إذا أردت أن تتخفف من الحساب ، فما عليك إلا أن تقوم بالتالي :

- عمل التوصيلات بشكل صحيح .
- استبدال الصواعق بمصابيح –لمبات– ٢,٥ أوم (تحمل نفس مقاومة الصاعق) .
- قم بتجربة الدائرة (التوصيلات التي قمت بها) عن طريق وضع أقل جهد وتيار (بطارية) للدائرة
- ارفع الجهد والتيار تدريجيا حتى تضاء **جميع** المصابيح بشكل جيد جدا –**وهج قوي** – .
- كرر التجربة أكثر من مرة فإذا تكرر النجاح تكون إذا وصلت إلى المطلوب .

ساعة الفحص الآفوميتر:

تستخدم ساعة الفحص الآفوميتر لفحص:

١. فرق الجهد و يرمز له الفولت (DC V) .

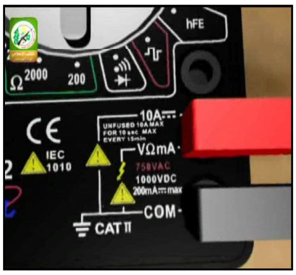
٢. شدة التيار و يرمز له الأمبير (DC A).

٣. المقاومة و يرمز له الأوم (Ω).

تستخدم ساعة الفحص الآفوميتر لفحص مدى صلاحية الصواعق و مدى صلاحية الميناتور و البطاريات وغيرها.

أولاً مكونات ساعة الفحص:

تتكون ساعة الفحص من شاشة تظهر أرقام الفحوصات و القياسات و مدرج دوار يدور في كل الاتجاهات و يوجد له مؤشر و كوابل الفحص و مداخل الكوابل.



<u>يتم وضع الكوابل في مداخلها:</u>

- ❖ بحيث يكون الكابل الأسود في الفتحة التي يكتب عليها com
- ❖ و يتم وضع الكابل الأحمر في الفتحة التي يكتب بجانبها VΩmA حيث أن هذا المدخل يستخدم في حالات فحص الأمبير الذي قيمته أقل من ١٠ أمبير.
- ❖ يتم وضع الكابل الأحمر في الفتحة الثالثة في حال فحص الأمبير لقيمة أكبر من ١٠ أمبير.

<u>تحتوي الساعة على عدة مدرجات للفحص و سنتحدث عن المدرجات التي نستخدمها:</u>

- ❖ **القسم : (~ V) ويوضع الفتاح في ناحيته عند قياس فرق الجهد لتيار متردد (كهرباء بيت) .**
- ❖ **القسم : (---V) وهو لقياس فرق الجهد لتيار مستمر (بطاريات)**
- ❖ **القسم : (--A) وهو لقياس شدة تيار مستمر**
- ❖ **القسم : (Ω) ويستخدم لقياس مقاومة الصواعق والاسلاك وغيره**
- ❖ **القســـم : ( ) وهي الزامور للتاكد من عدم وجود قطع بالدائرة**
- ❖ **في الاقسام السابقة يوجد قبالتها تقسيمات وارقام وكل رقم يدل على اقصى قيمة يمكن قياسها لذلك يرجى مراعاة اعلى قيمة للشئ المراد قياسه.**

استخدام الساعة في فحص الاسلاك والمقاومات

- ❖ يتم فحص المقاومة بواسطة وضع المؤشر على المدرج المحاط بالخط الأخضر و يكتب في المدرج Ω و هذه علامة المقاومة ونجعل أسلاك الساعة في حالة تماس مع أسلاك الصاعق.
- ❖ نضع مؤشر المقاومة على رقم ٢٠٠
- ❖ يظهر على الشاشة قيمة المقاومة للصاعق و نقيم الصاعق من الرقم الظاهر على الشاشة.
- ❖ إذا ظهر لنا رقم ١ على يسار الشاشة هذا يعني أن الصاعق عاطل عن العمل و أن الدائرة مفتوحة.

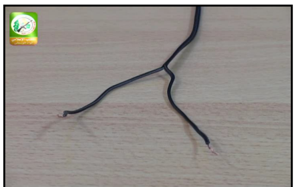
استخدام الساعة في فحص البكرة:

تعتبر البكرة هي الوسيلة التي يتم بواسطتها توصيل التيار الكهربائي للصاعق، و قد تتعرض هذه البكرة للعطل الفني مثل التماس الكهربائي أو القطع و لذلك يجب معرفة طريقة فحص البكرة و تحديد الخلل و ومعالجته.لابد أن ننوه أن البكرة الجيدة مصنوعة من النحاس لها مقاومة أقل من ١٠٠ أوم و إذا كانت مقاومة السلك في البكرة أكثر من ذلك و التي تصل في بعض الأحيان ٣٠٠ أوم فتكون البكرة لا تصلح للعمل في مجال المتفجرات.

طريقة الفحص:

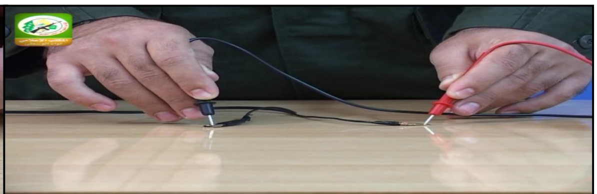
- نقوم بتوصيل أحد أطراف سلك البكرة مع بعضها البعض و نفحص مقاومة السلك و ندون الرقم الظاهر على الشاشة، إذا ظهر لنا رقم ١ على اليسار هذا يعني أن البكرة يوجد بها قطع.
- نقوم بفك التماس من أطراف السلك الموصول و نلاحظ القراءة الظاهرة إذا ظهر لنا رقم مقاومة فهذا يعني أن السلك يوجد به تماس، و عليه يوجد في البكرة مشكلة و تحتاج إلى صيانة، و إذا ظهر لنا رقم ١ على اليسار هذا يعني أن البكرة جيدة و **عليه ندون مقاومة البكرة على جدار البكرة** لكي نستطيع تحديد المقاومة الكلية للصاعق و البكرة في الرباط خوفاً من قيام أحد العملاء بقطع البكرة و توصيل أسلاك البكرة في بعضها .
- مثال: إذا كانت مقاومة البكرة ٣٠ أوم و مقاومة الصاعق ٢ أوم، تكون المقاومة الإجمالية ٣٢ أوم.
- عند فحص الصاعق أو البكرة يجب عدم تلامس اليدين في أسلاك الفحص لأن القراءة تتأثر بمقاومة الجسم.
- **ملاحظة** الزامور في الساعة هو فحص يحدد الدائرة المفتوحة من المغلقة و لا يعتمد عليه فلننتبه لذلك.

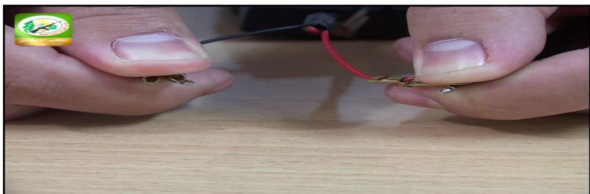
القراءة تظهر أن الدائرة مفتوحة


فك التماس من أطراف البكرة

المقاومة الظاهرة للبكرة

شبك أطراف سلك


طريقة صحيحة في الفحص


طريقة خاطئة في الفحص

استخدام الساعة في فحص صلاحية الصاعق:

نلامس طرفي الآفوميتر بطرفي سلكي الصاعق (المعراة) ولا يوجد قطبية في اسلاك الصاعق

إحتمالات القراءة:

١ – الساعة تخرج صوت (تزن) وتعطي قراءة.

في هذه الحالة لا نهتم لقيمة القراءة مهما كانت عالية لأن لدينا جهاز التفجير (الفلاش) يمكنه أن يفجر أي صاعق مهما كانت قراءته عالية ، وبالتالي فإن الصاعق يعمل بشكل جيد .

ملاحظة / لا يمكن تفجير الصواعق ذات القراءات العالية بالبطارية القديمة ولكن تتفجر بجهاز التفجير (الفلاش) الجديد بإذن الله .

٢ – الساعة لا تخرج صوت (لا تزن) وتعطي قراءة.

في هذه الحالة فإن الصاعق يعمل بشكل جيد ، لأننا نهتم فقط في القراءة .

وهذه الحالة لا تكون إلا في الصواعق القديمة (الكبيرة) المصنوعة أصلا من سللك التنجستون .

٣– الساعة لا تخرج صوت (لا تزن) و لا تعطي قراءة.

في هذه الحالة فإن الصاعق لا يعمل ، ويجب العمل على استبداله بسرعة ولا تستخدمه ويجب اتلافه.

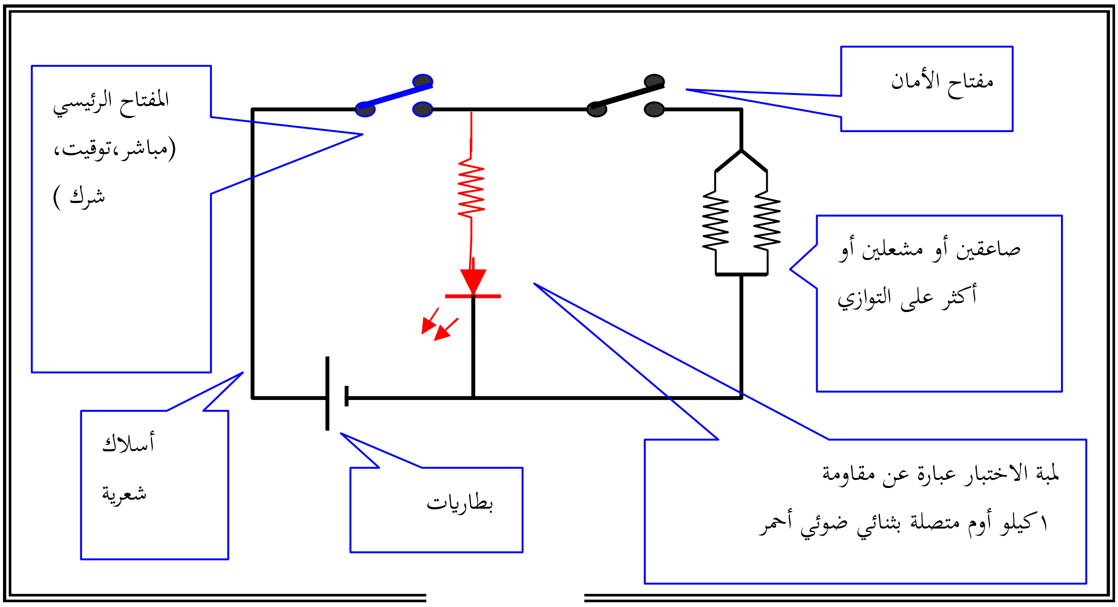
طريقة فحص الميناتور:

يتم فحص الميناتور للتأكد من كفاءته في العمل و التأكد من عدم وجود عطل فيه.

- نستخدم في فحص الميناتور ساعة الفحص الآفوميتر.
- نضع مؤشر الآفوميتر على أعلى رقم في أرقام فحص فرق الجهد (الفولت) ويكون ١٠٠٠.
- نثبت أقطاب الساعة في أطراف مفجر الميناتور.
- نقوم بشحن الميناتور و عندما ينتهي الميناتور من الشحن نغلق مفتاح الشحن.
- نضغط على أحد المفتاحين لوحده و نتركه و نضغط على المفتاح الآخر و نتركه و نلاحظ وجود أي قراءة في عمليات الضغط و ذلك خوفاً من وجود تماس في أحد المفتاحين ، الأمر الذي يمكن أن يجعلنا أن نفجر العبوة في حال الضغط على مفتاح واحد.
- نضغط على مفتاحي التفجير في الميناتور و نلاحظ الرقم الظاهر على شاشة ساعة الفحص.
- إذا كانت القراءة من ٣٠٠ – ٣٥٠ فولت يكون مفجر الميناتور في حالة جيدة.
- إذا كانت القراءة متدنية فإن الخلل قد يكون في بطارية التغذية (حجر البطارية الصغير) و يحتاج الميناتور إلى تغيير حجر التغذية.
- إذا لم يعطي قراءة و بقيت الأرقام 0.00 (صفر) هذا يعني أنه يوجد خلل في الميناتور و يحتاج إلى صيانة.

دائـرة الأمـان (دارة التفجير الكهربائية)

وبعد أن تحدثنا عن المقاومات وطرق توصيلها وكذلك عن المصادر الكهربائية . . . ، فإننا نجد أنفسنا بحاجة إلى جمع هذه المعلومات على شكل مشروع عملي يمكن تطبيقه على الأرض .



<u>مكونات الدائرة</u>

وسيكون ذلك عبر المخطط ، ولنتابع سويا مخطط دائرة الأمان من خلال تتبع **<u>مكونات الدائرة</u>** كما نلاحظ في الصورة

١. مفتاح رئيسي (قد يكون سلكي أو لاستشهادي أو شرك أو توقيت) .
٢. مفتاح أمان .
٣. مصدر كهربائي (بطاريات) .
٤. مقاومة (١ كيلو أوم) .
٥. ثنائي ضوئي (أحمر اللون) .
٦. مصباحين أو مشعلين أو صاعقين متصلان معا على التوازي .
٧. أسلاك .

أما ما نحتاجه من أدوات لعمل هذه الدائرة :

١. مقياس كهربائي (آفوميتر) ، يفضل الإلكتروني .
٢. عدة اللحام (كاوية ، سلك قصدير ، شحمة لحام ، شفاط) .
٣. قطاعة .
٤. كماشة صغيرة (فك التمساح) .
٥. علبة مفكات صغيرة .
٦. لاصق كهربائي (تيب) .
٧. فرد سيليكون حراري وأصابع سيليكون .
٨. قلم ، أوراق .
٩. قفازات مطاطية .

خطوات عمل الدائرة :

أولا : فحص كل عنصر من عناصر (مكونات) الدائرة قبل تركيبها :

يكون فحص كل المكونات تقريبا بواسطة جهاز (الآفوميتر) عن طريق :

- وضع مؤشر المقياس (الآفوميتر) على أقل قيمة للمقاومة .
- ثم وصل طرفي الجهاز بطرفي المفتاح أو السلك.
- يجب أن يعطي الجهاز قراءة أو نسمع صوت زامور الجهاز في حال الوصل (ON) ، وكذلك لا يجب أن يعطي الجهاز قراءة أو زامور في حال الفصل (OFF) .
- عند وصل عنصرين أو أكثر في وضعية الوصل أو الفصل (ON ، OFF) ، تعامل على أنها عنصر واحد .

مثال :

المفتاح في حالة الوصل (ON) يجب أن يقرأ ، وفي حالة الفصل (OFF) لا يقرأ .

وكذلك سلك التوصيل عند وصل طرفي الجهاز بطرفي السلك يجب أن يقرأ الجهاز ، وإلا فان السلك يكون مقطوع من الداخل ولا يصلح للعمل ، لأن الأصل فيه أن يكون في حال الوصل الدائم .

وإذا خالف ذلك أي عنصر أو عدة عناصر موصولة ، القاعدة التي يجب أن تكون عليها من حال الوصل أو الفصل ، فيعني ذلك أن هناك عطل ما يجب التنبه له .

<u>طريقة فحص الصاعق الكهربائي :</u>

<u>إذا لم يكن طرفي سلكي الصاعق مجدولان مع بعضهما قم بما يلي :</u>

١. لا تلامس طرفي أسلاك الصاعق مع بعضهما مباشرة .
٢. قم بدفن الصواعق في وسط وعاء به رمل ناعم رطب على عمق ٢٥ سم **(مع مراعاة عدم ملامسة الصاعق للوعاء)** ، واخرج طرفي السلكين خارج الوعاء .
٣. شغل مسجل بشكل طبيعي في المكان لإخفاء صوت انفجار الصاعق في حال حدوثه أو عمل ضجيج إن لزم الأمر .
٤. احضر إناء معدني فيه قليل من الماء .
٥. لامس طرف السلك الأول بالإناء داخل الماء مع إبقاء الطرف الثاني خارج الإناء ثم أخرجه .
٦. لامس طرف السلك الثاني بالإناء داخل الماء مع إبقاء الطرف الأول خارج الإناء .
٧. لامس الطرفين مع بعضهما ، نقوم بهذا الإجراء الوقائي خوفا من تفخيخ الصاعق بواسطة مكثف مشحون ، وما قمنا به عبارة عن تفريغ شحنة المكثف إن وجد .
٨. افحص الصاعق بجهاز المقياس (الآفوميتر) كما في طريقة فحص الأسلاك ، ووضع مؤشر الجهاز على أقل قيمة .

يجب أن يقرأ الجهاز مقاومة حتى ٣ أوم تقريبا ، وإذا لم يقرأ الجهاز أو أعطى قراءة كبيرة كـ ١٠٠ أوم مثلا ، فيعني ذلك أن هناك انقطاع في سلكي الصاعق وأنه غير صالح لتفجيره كهربائيا .

٩. بعد الانتهاء من عملية الفحص بنجاح يجب جدل طرفي السلكين مع بعضهما .

<u>ملاحظة :</u>

يجب أن يكون جسم الصاعق خالي من الضربات والبقع البيضاء (بالنسبة للصاعق الألمنيوم) أو البقع الخضراء (بالنسبة للصاعق النحاسي) .

<u>ثانيا : وصل العناصر مع بعضها على النحو التالي :</u>

١. تجهيز المشعلين أو الصاعقين وربطهما معا على التوازي . يجب الانتباه إلى عدم استخدام اللحام في تثبيت أسلاك الصاعق ، ويمكن استخدام ذلك مع المشعلات الأخرى التي لا تحوي مواد حساسة .
٢. وصل أحد أطراف المقاومة (١ كيلو أوم) بأحد أطراف الثنائي الضوئي وليكن في الطرف الموجب لسهولة التمييز فقط .
٣. وصل موجب البطارية مع الطرف الأول للمفتاح الرئيسي (المفتاح بمثابة مقاومة ليس لها قطبية) .
٤. وصل الطرف الثاني للمفتاح الرئيسي مع الطرف الأول لمفتاح الأمان .

٥. وصل الطرف الثاني لمفتاح الأمان بأحد أطراف الحمل (المشعلات أو الصواعق) ، ويفضل استخدام – فيشة – ذكر متصلة بالدائرة ليركب فيها فيشة أنثى متصلة بالحمل (المشعلات أو الصواعق) ، مثل الفيش التي تستخدم في وصلات الفيديو وغيرها من الأجهزة ، ليسهل عليك فك أو تركيب الصواعق .

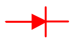
٦. وصل الطرف الثاني للحمل (المشعلات أو الصواعق) مع سالب البطارية .

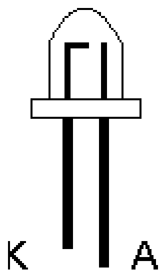
٧. وصل المقاومة والمتصلة بالطرف الموجب للثنائي الضوئي مع السلك الواصل بين المفتاح الرئيسي ومفتاح الأمان .

٨. وصل الطرف السالب للثنائي الضوئي مع السلك الواصل بين الأحمال (المشعلات أو الصواعق) والقطب السالب للبطارية .

<u>ملاحظة :</u>

كما قلنا يجب مراعاة القطبية (الموجب والسالب) عند توصيل الثنائي الضوئي الأحمر(LED) . ويمكن معرفة ذلك بأحد الطرق التالية :

١. باستخدام جهاز الآفوميتر عن طريق وضع مؤشر الجهاز على إشارة () ثم نوصل موجب طرف الجهاز (السلك الأحمر +) مع أحد أطراف الثنائي الضوئي ، وسالب طرف الجهاز (السلك الأسود –) ، فان أضاء الثنائي فيعني أنك حددت بشكل صحيح الطرف الموجب والسالب للثنائي ، وان لم يضيء فقم بعكس الأقطاب .



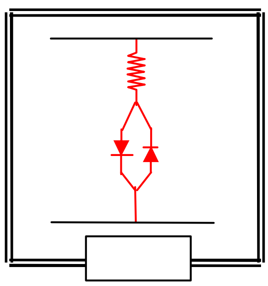
٢. تمييز الطرف الموجب والسالب للثنائي الضوئي من خلال النظر كما هو موضح في الشكل ، ستلاحظ أن الطرف المستقيم في الداخل والطويل في الخارج هو الطرف الموجب ، وأن الطرف المعكوف في الداخل والقصير في الخارج هو الطرف السالب كما في الشكل.

٣. تجربته في وجود البطارية وجعل المفتاح الرئيسي على وضعية الإغلاق (ON)، فإذا أضاء فيكون في الوضعية الصحيحة وإلا فيجب أن نعكس الأرجل.(علما أنه يحتاج إلى فرق جهد ٦ فولت كي يضيء بشكل جيد)

<u>كيفية وصل الثنائي الضوئي في الدائرة :</u>

- يوصل الطرف الموجب للثنائي الضوئي (A) مع أحد الأطرف الموصولة مع القطب الموجب للبطارية .
- ويوصل الطرف السالب للثنائي الضوئي (K) مع أحد الأطراف الموصولة مع القطب السالب للبطارية .

كما هو موضح في الشكل اعلاه.



- **<u>ملاحظة :</u>** يفضل وصل ثنائي ضوئي آخر بجانب الثنائي الضوئي السابق على التوازي بشكل معاكس له (A مع K) و(K مع A) لضمان اضاءة أحدهما عند عكس المصدر الكهربائي (البطارية) ولا يهم أن تكون المقاومة قبل او بعد الثنائي الضوئي علما أننا نوصل مقاومة واحدة مقادرها (١) أوم كما في الصورة.

ثالثا : فحص وتجربة الدائرة :

يكون الفحص والتجربة وفق الشرطين التاليين :

١. بوصل المصابيح (٢,٥ أوم) بدلا عن الصواعق .

٢. يتم إجراء الفحص على نفس مكونات الدائرة وظروف عملها .

خطوات فحص وتجربة الدائرة :

١. ضع جميع المفاتيح في حالة الفصل (OFF) .

٢. أوصل المصابيح مكان الصواعق في الدائرة على أن تكون قيمة مقاومة المصابيح وعددها نفس قيمة وعدد الصواعق .

٣. أوصل البطارية في الدائرة .

٤. ضع المفتاح الرئيسي في وضعية الوصل (ON) مع إبقاء مفتاح الأمان في وضعية الفصل (OFF) . **يجب أن تلاحظ** إضاءة الثنائي الضوئي فقط وإذا قمنا بإرجاع المفتاح الرئيسي لوضعية الفصل (OFF) نلاحظ انطفاء الثنائي . وإلا فهناك خلل .

٥. ضع المفتاح الرئيسي في وضعية الوصل (ON) مع ملاحظة إضاءة الثنائي الضوئي ، ثم قم بوضع مفتاح الأمان في حالة الوصل (ON) . **يجب أن تلاحظ** إضاءة المصابيح بشكل جيد جدا (**وهج قوي**) ، وإذا قمنا بإرجاع مفتاح الأمان إلى وضعية الفصل (OFF) نلاحظ انطفاء المصابيح وبقاء الثنائي الضوئي مضاء . وإلا فهناك خلل .

٦. كرر الخطوة السابقة بوضع المفتاح الرئيسي ومفتاح الأمان على وضعية الوصل (ON) .ثم قم بوضع المفتاح الرئيسي فقط على وضعية الفصل (OFF) . **يجب أن تلاحظ** انطفاء الثنائي الضوئي والمصابيح .

٧. كرر الخطوات السابقة لأكثر من مرة ، إذا لم يحدث هناك خلل تكون الدائرة جاهزة للعمل .

رابعا : خطوات تجهيز الدائرة للتنفيذ :

١. ضع فيشة الأمان في مكانها بحيث تكون وضعية الأمان (OFF) .

٢. ضع المفتاح الرئيسي على وضعية الفصل (OFF) .

٣. انزع البطاريات من الدائرة .

٤. أوصل سلكي الصواعق في الدائرة ، ويفضل في التجربة الأولى للدائرة مع الصواعق أن تكون الصواعق مدفونة في وسط وعاء به رمل ناعم رطب على عمق ٢٥ سم **(مع مراعاة عدم ملامسة الصاعق للوعاء)** .

٥. ضع المفتاح الرئيسي في حال الجاهزية (لا يعني جعله في وضعية الوصل (ON)) مع التأكد من أن الثنائي الضوئي مطفأ .(مثال اذا كان المفتاح الرئيسي مؤقت فنشغل التوقيت بحيث يكون الوقت كافيا للانسحاب) .
٦. ركب الصواعق في داخل المادة المتفجرة مع تثبيتها جيدا والتأكد من وصل وعزل أسلاك الصاعق في الدائرة .
٧. أوصل بطارية الدائرة وعيناك على الثنائي الضوئي للتأكد من أنه مازال مطفأ .
٨. بعد زرع العبوة في المكان المحدد تأكد من أن الثنائي الضوئي ما زال مطفأ ، ثم قم بالخطوة الأخيرة . وهي نزع فيشة الأمان ، أي جعل مفتاح الأمان في وضعية الوصل (ON) . بعدها يمنع تحريك العبوة أو البقاء بجانبها .

ملاحظة هامة :

نؤكد مرة أخرى : يمنع منعا باتا جعل مفتاح الأمان في وضعية الوصل (ON) إذا لاحظنا إضاءة الثنائي الضوئي ، لأن ذلك يعني أن العبوة ستنفجر بك وبمن حولك مباشرة – لا قدر الله – فالانتباه الانتباه . . .

أهمية (لمبة الاختبار) :

لمبة الاختبار (الثنائي الضوئي) في الدائرة لها دور مهم جدا فهي تعتبر إنذار مبكر في حال وجود خلل ما ، والفائدة منها تكمن في :

أولا : فحص ما إذا كان هناك خلل في المفتاح الرئيسي أم أنه يعمل بشكل صحيح ، فعند إضاءة اللمبة (الثنائي الضوئي الأحمر) هذا
يعني أن المفتاح الرئيسي به خلل ، بمعنى أن هناك وصل (شورت أو أنه في وضعية ON) أي خطر .

ثانيا : فحص صلاحية النصف الأول من الدائرة – أي لا يوجد انقطاع – (البطارية ، المفتاح الرئيسي ، لمبة الاختبار) .

أمن إعداد الدائرة الكهربائية :

سنتحدث عن أمن إعداد الدائرة ضمن العناوين التالية :

أولا : مواصفات الأخ المنفذ للدائرة :-

١. مقبل على هذا العمل ومحب له .
٢. يستشعر المسؤولية ، وبعيد عن الاستهتار واللامبالاة .
٣. يفضل أن يكون ملما بعلم الكهرباء .
٤. يفضل أن يكون ملما بعلم المتفجرات ، لتلاشي الأخطاء ولتحقيق المطلوب .
٥. يتمتع بطول النفس ، وغير متعجل .
٦. صافي وحاضر الذهن .
٧. حذر دون خوف .
٨. دقيق في عمله .

ثانيا : مواصفات المكان :-

تختلف المواصفات من مكان لآخر وبحسب الشخص وطبيعة عمله ، وسنتحدث هنا بشكل عام :

١. سهولة الوصول إليه والانسحاب منه.
٢. بعيدا عن الأماكن الحساسة والمشبوهة .
٣. أن يكون البيت غير معروف (غير محروق) .
٤. وجود ساتر للتردد عليه بشكل غير ملفت للنظر .
٥. اختيار غرفة داخلية وجيدة الإضاءة .
٦. أن يكون البيت كاشفا للطرق المؤدية إليه .
٧. يجب وضع شخص لمراقبة المحيط أثناء العمل .
٨. إخلاء البيت من السكان في حال تجهيز المراحل النهائية لاعداد العبوة .
٩. بعيد عن أماكن الضغط العالي بمسافة ١٠٠ متر تقريبا .

١٠. بعيد عن أماكن الترددات اللاسلكية (محطات الإذاعة والتلفزيون و التقوية ...)

قوة المرسل (وات)	المسافة الآمنة لبعد الصواعق عن المرسلات (متر)
٥- ٥٠	٣٣ -٥٠
٥٠-٢٥٠	٧٣-١١٦
٢٥٠-١٠٠٠	١١٦-٢١٥
١٠٠٠-٥٠٠٠	٣٣٠- ٤٩٥
٥٠٠٠ -٢٥,٠٠٠	٤٩٥-١١٥٥
٢٥,٠٠٠-١٠٠,٠٠٠	١٦٥٠-٢٣١٠

تجهيزات المكان :

١. إضاءة جيدة + إنارة احتياطية .
٢. مقعد + طاولة (خشب ، بلاستيك ، زجاج) .
٣. قطعة قماش تفرش على الطاولة لجمع المواد بسرعة في حالة الاضطرار .
٤. توفير أدوات العمل كاملة .
٥. إسعافات أولية .
٦. إيجاد مخبأ للمواد في حال الطوارئ .
٧. إيجاد وسيلة للتخلص من بعض المواد إن لزم الأمر .

ثالثا : شروط اختيار الوقت المناسب للعمل :-

١. تجنب العمل في أوقات الرعد والبرق .
٢. تجنب العمل في أوقات انتشار الناس .
٣. تجنب العمل في الأوقات المحتملة للزيارات .
٤. تجنب العمل في أوقات الاستنفار الأمني .
٥. تجنب العمل في أوقات السكون التام .
٦. تجنب العمل في أوقات التعب والإرهاق الشديدين .
٧. التفرغ للعمل وإنهاء كل المواعيد والالتزامات وقت العمل .

ملاحظة :

كما نعلم أن هذه الشروط هي نسبية ، وكثير من الأمور تخضع للميدان لاتخاذ الإجراء المناسب والأمور تقدر بقدرها ، ولكن ما يجب أن نعلمه هو ألا تهاون في اتخاذ الإجراء الأمني ، لأن الخطأ الأمني له ثمن يدفع ولو بعد حين منك من أخيك من حركتك ... إلا أن يشاء الله .

هذا ما تخبرنا به مدرسة الجهاد ومدرسة الواقع ، والله نسأل أن يحفظ سائر إخواننا وأن يحفظ حركتنا وأن يحفظ شعبنا وأمتنا وأن يجنبنا التهاون والزلل .

رابعا : إجراءات هامة أثناء العمل :-

١. لبس القفازات المطاطية .
٢. فرش قطعة قماش على الطاولة المراد العمل عليها .
٣. مسح جميع المواد والأدوات التي لامستها أيدينا لتجنب ترك بصمات عليها .
٤. تجهيز وترتيب المواد والأدوات اللازمة للعمل في متناول اليد .
٥. رسم الدائرة المراد تنفيذها مع توضيح كل خطوة وترقيمها .
٦. مراعاة الجوانب الأمنية عند شراء الأدوات والمكونات للدائرة، مع التأكيد على شراء قطع احتياطية للدائرة.
٧. فصل الصواعق عن المتفجرات والبطاريات ، وإبعادها عن طاولة العمل إلا عند الاحتياج لها .
٨. بدء التطبيق خطوة وفق المخطط ، والتأكد من صحة كل خطوة تقوم بها بواسطة جهاز (الآفوميتر) .
٩. شراء الأسلاك الشعرية النحاسية للتوصيلات .
١٠. جدل شعيرات الأسلاك ولحامها قبل استخدامها .
١١. عند وصل سلكين نقوم بجدل السلكين ثم نلحمهما .
١٢. نقوم بعزل الأطراف المعراة من الدائرة بواسطة السيليكون الحراري أو اللاصق .
١٣. نثبت كافة الأسلاك والقطع على لوحة معزولة (خشب . . .) .
١٤. عزل علبة البطاريات كاملا بواسطة اللاصق (تيب) .
١٥. تجربة الدائرة أكثر من مرة بعد عزلها .
١٦. عدم تقريب الكاوية وهو ساخنة من الصاعق أو المتفجرات .
١٧. اختيار الطول المناسب للأسلاك ، وتجنب إطالتها أكثر من اللازم .
١٨. تثبيت الدائرة في المادة المتفجرة .
١٩. إعادة كل شئ في الغرفة إلى مكانه الطبيعي وعدم ترك أي آثار تدل على طبيعة العمل في المكان (أسلاك ...) .
٢٠. تفقد الملابس من أي آثار عالقة .

خامسا : المفاتيح الكهربائية المناسبة للدائرة :-

عند الحديث عن المفاتيح وعن آلية التفجير فإننا نتحدث عن الطريقة التي نريد أن نفجر بها العبوة وهي لا تتجاوز الأنواع التالية :

١. تفجير مباشر إما سلكي أو استشهادي .
٢. توقيت .
٣. تحكم عن بعد .
٤. شرك (فخ بحيث نتيجة قيام الهدف بعمل ما تنفجر العبوة به) .

وتتفاوت الدوائر والمفاتيح بتفاوت التقنية المستخدمة فكل بحسب علمه وإمكاناته .وحتى نقر استخدام أي دائرة فلا بد أن تكون اجتازت عدة تجارب ناجحة ليس فيها خلل بنفس المكونات والظروف .

شروط اختيار المفاتيح المناسبة للدائرة :

هناك شرطان رئيسيان لا نتنازل عنهما وهما بالترتيب كما يلي :-

١. **آمن** : بحيث يتم فيها مراعاة ظرف الإعداد والنقل والزرع . فعلى سبيل المثال لا نختار المفاتيح الدقيقة والعالية الحساسية التي تحتاج إلى مراعاة خاصة في التعامل في العموم ، كما أننا لا نختار المفاتيح التي قد تتأثر بالرطوبة أو الحرارة أو لأي حركة عارضة .كما ويجب أن توفر عامل الأمان للأخ المنفذ فهو الشرط الذي لا نتنازل عنه ولا نقدمه في الأولوية على حساب الفاعلية .
٢. **فعال** : ونقصد بالفاعلية هنا مناسبته للوضع التكتيكي الميداني للعبوة واختيار المفتاح المناسب لطبيعة الهدف .

فعلى سبيل المثال عندما يكون الهدف متحرك لا يصح استخدام التوقيت لصعوبة الحصول على الدقة المطلوبة وهكذا .وكذلك لا يصح أن نضع مفتاح ضغط صغير بحجم رأس القلم في ممر طريق آلية من أجل أن تدوسه عجلات سيارة الهدف ليغلق الدارة ، فالاحتمال هنا ضئيل جدا والأصل مثلا أن نضع مفتاح يغطي عرض الطريق كالمسطرة المعدنية (سيأتي ذكر طريقة عملها في التشريك) ، طبعا في حال كان المفتاح بشكله المبسط وهكذا .

ويمكن تطبيق هذين الشرطين من خلال التقيد بالأمور التالية :-

١. **العمل بالمفاتيح الجاهزة المصنعة** : وهي متوفرة في الأسواق ، وذلك لدقة صنعها ولحجمها المناسب ولتعدد خياراتها . وتجنب العمل بالمفاتيح المصنعة شعبيا إلا للضرورة .
٢. **سهلة التعامل معها** : فلا نختار المفاتيح التي يصعب علينا تمييز وضعية الوصل (ON) والفصل (OFF) فيها . كما أننا لا نختار المفاتيح التي تحتاج إلى دقة في تشغيلها لظرف به توتر وارتباك .
٣. **نختار المفاتيح التي لها وظيفة محددة تناسب وآلية عمل العبوة** ، ونتجنب المفاتيح المركبة التي لها أكثر من وظيفة لا نحتاج لها .
٤. **تتناسب مع طبيعة تمويه العبوة من حيث الحجم والشكل واللون للعبوة .**
٥. **يتناسب مع آلية عمل وطريقة تشغيل العبوة .**
٦. **يتناسب مع قيمة الفولت والأمبير المتوفرة لدينا .**
٧. **نختاره من أفضل النوعيات المتوفرة في الأسواق .**
٨. **فحص المفاتيح قبل تركيبها .**
٩. **مع كل المفاتيح يجب استخدام دائرة الأمان .**

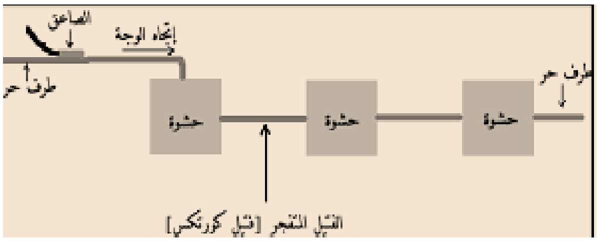
دوائر وتشكيلات التفجير وفشلها

دوائر التفجير: هي مجموعة التوصيلات النارية أو الكهربائية المعدة لتفجير أكثر من حشوة في آن واحد .

دوائر التفجير النارية

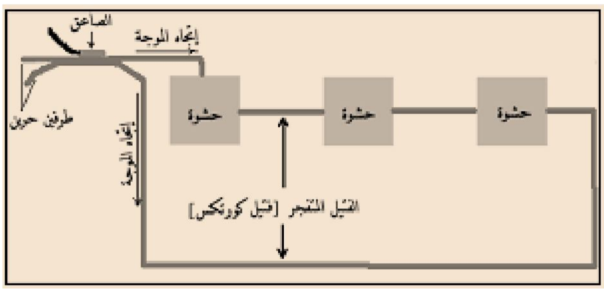
دائرة التفجير النارية على التوالي (مفتوحة):

وفيه توصل كل حشوة بالحشوة التي تليها بواسطة الفتيل المتفجر فتوضع كلها في خط رئيسي واحد دون تفرع ويوضع الصاعق من جهة واحدة بدون ان يلتقي طرفي الفتيل ببعضهما أي مفتوحة ويوضع في طرف الفتيل صاعق متفجر كهربائي او طرفي **كما بالصورة**



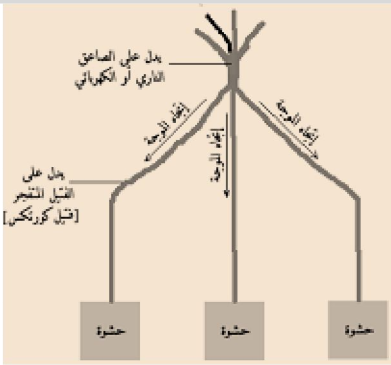
دائرة التفجير النارية على التوالي مغلقة

هذه الدائرة كسابقتها في التجهيز الا ان فتيلها يغلق طرفيه بالصاعق كما بالصورة



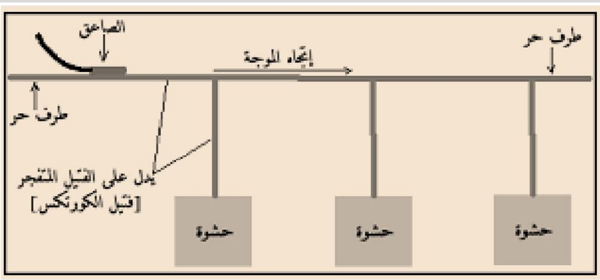
دائرة التفجير النارية على التوازي من نقطة واحدة

حيث تلتقي الفتائل الفرعية في نقطة واحدة ويوضع في نقطة التقاء الفروع صاعق واذا زاد عدد الافرع عن ٦ افرع يفضل وضع اصبع ديناميت مع الصاعق حيث تلف الافرع حوله لضمان تفجيرها كلها ويوضع الصاعق في قلب اصبع الديناميت ويمكن ربط الفتائل الفرعية بفتيل رئيسي من نقطة واحدة كما بالصورة

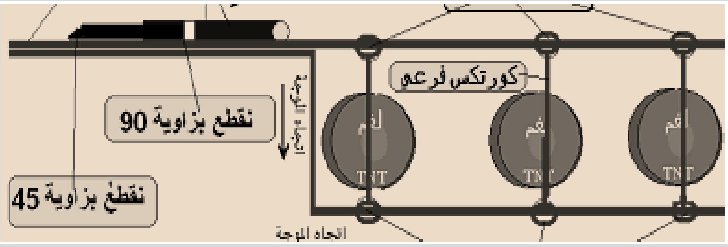


دائرة التفجير النارية على التوازي من عدة نقاط من جهة واحدة

يمد الفتيل الرئيسي ويوصل به فتائل فرعية من عدة نقاط وينتبه في هذه الدائرة لسير الموجة الانفجارية الي الافرع ويثبت صاعق في مقدمة الفتيل المتفجر الرئيسي كما بالصورة

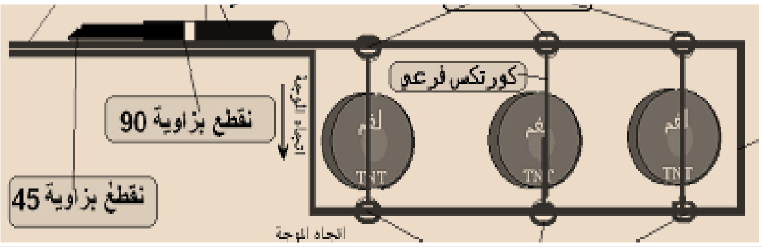


دائرة التفجير النارية المفتوحة على التوازي من عدة نقاط من جهة واحدة



وهي كسابقتها ويضاف لها فتيل اخر موصول من الجهة الاخرى ولكنها مفتوحة كما بالصورة

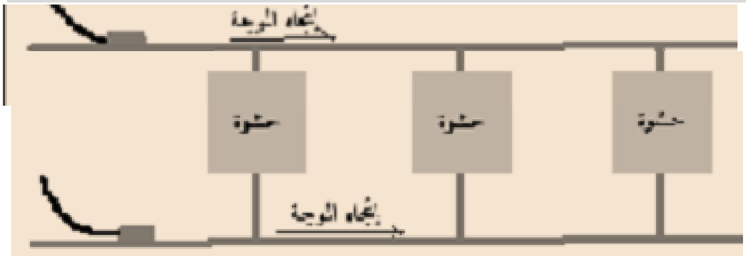
دائرة التفجير النارية المغلقة على التوازي من عدة نقاط من جهة واحدة



وهي كسابقتها الا انها مغلقة من الطرفين

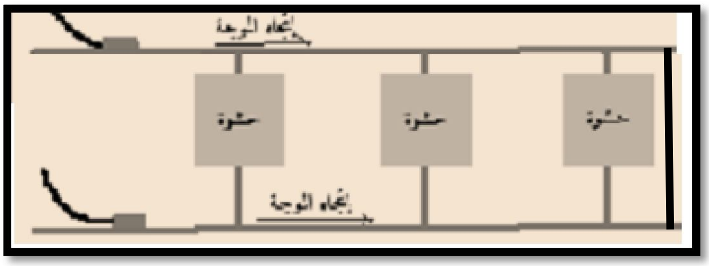
ملاحظة هذه الطريقة ومن جهتين افضل الطرق على الاطلاق في دوائر التفجير النارية

دائرة التفجير النارية المفتوحة على التوازي من عدة نقاط من جهتين



وهي كما بالصورة يتم وضع صاعقين لها من جهتين وهي مفتوحة كما ترون بالصورة

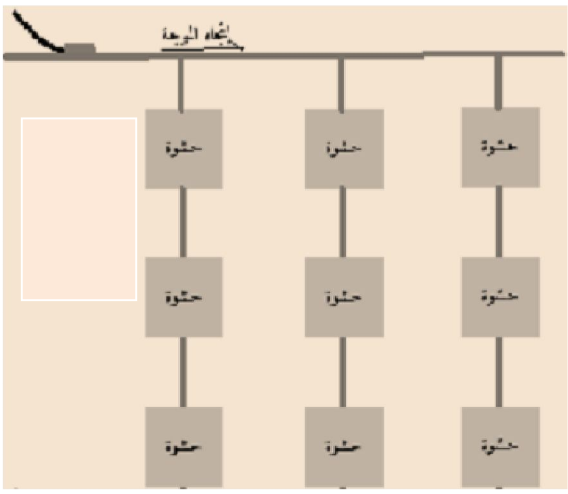
دائرة التفجير النارية المغلقة على التوازي من عدة نقاط من جهتين



وهي كسابقتها ولكن يتم اغلاق الدائرة النارية والمقصود من جهتين أي يوضع صاعقين من جهتين

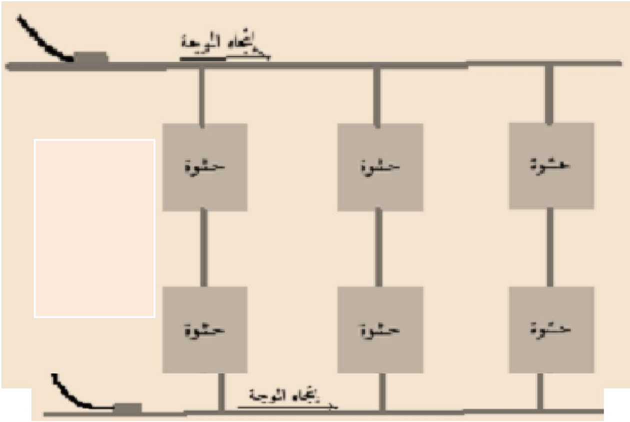
هذه ايضا تعد من افضل دوائر التفجير النارية

دائرة التفجير النارية المختلطة المفتوحة من جهة واحدة



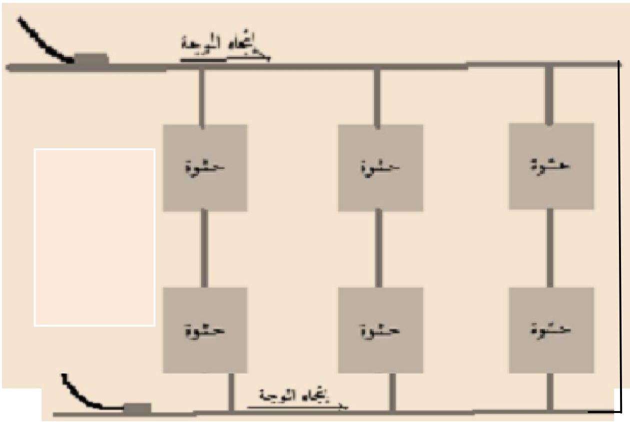
- وهي مختلطة على التوازي والتوالي
- الصاعق من جهة واحدة
- والدائرة مفتوحة

دائرة التفجير النارية المختلطة المفتوحة من جهتين



- ❖ وهي مختلطة على التوازي والتوالي
- ❖ الصاعق من جهتين
- ❖ والدائرة مفتوحة

دائرة التفجير النارية المختلطة المغلقة من جهتين



- ❖ وهي مختلطة على التوازي والتوالي
- ❖ الصاعق من جهتين
- ❖ والدائرة مغلقة

تشكيلة التفجير الكهربائي .

من أهم حسنات هذه التشكيلة هي التحكم الدقيق بوقت التفجير بشكل فوري وقد تكلمنا سابقا عنها .

طريقة العمل : تتم طريقة التفجير الكهربائي بواسطة جهاز تفجير يولد تيار كهربائي كاف لتفجير صاعق كهربائي . ويتم نقل هذا التيار بواسطة أسلاك تصل بين آلة التفجير والصاعق .

اللوازم المطلوبة للتفجير : ١- صاعق كهربائي　　٢- مولد تيار كهربائي (جهاز تفجير)

٣- أسلاك كهربائية　　٤- تلصيق وقطاعه ولوازم أخرى

كيفية التحضير لعملية التفجير :

١ - يجب تحديد مكان الشخص المفجر بحيث أن يكون بعيدا وآمناً من أثر الانفجار، ثم يتم مد الأسلاك الكهربائية من مكان العبوة إلى مكان الشخص مع مراعاة الرؤية المباشرة في أرض العمليات. أما في التجارب يستحسن مد الأسلاك الكهربائية من مكان الشخص إلى مكان العبوة.

٢ - يجب فحص الأسلاك .

٣ - يتم وصل الأسلاك من كل جهة مع بعضها البعض للتخلص من أي شحنة متراكمة فيها .

٤ – يجب فحص كل صاعق سيتم استخدامه في عملية التفجير الكهربائي ، وبعد فحص الصواعق يتم وصل أطرافها مع بعضها البعض لمنع تراكم أي شحنة فيها .

ملاحظة : يمكن فحص الصواعق بآلة قياس المقاومة (أفوميتر) ولكن يجب الانتباه واخذ الاحتياط وذلك بأجراء فحص الصاعق خارج العبوة وبشكل أمين للشخص الذي يقوم بعملية الفحص من انفجار الصاعق (مع العلم بأن آلة القياس عادةً لاتعطي تياراً كافيا لتفجير الصاعق) .

٥ – إذا ما أريد استخدام اكثر من حشوة ناسفة منفصلة في عملية التفجير ، يجب وصل الحشوات وترتيبها بإحدى الطريقتين الخاصتين المتتالية أو المتوازية (راجع التفجير السلكي) .

ملاحظة : يجب عدم استخدام صواعق اكثر من قدرة آلة التفجير ويجب الأخذ بعين الاعتبار طول السلك بين المفجر والعبوة.

٦ – يتم وصل الدائرة الكهربائية بالأسلاك الموصولة إلى مكان التفجير .

٧ – توضع الصواعق في حشواتها المتفجرة وتثبت بشكل جيد .

٨ – يتم فحص كل التوصيلات الكهربائية بواسطة الأوميتر من مكان الشخص المفجر ثم يتم وصل طرفي السلك مع بعضها البعض .

٩ – عند اقتراب وقت التفجير يجب فك طرفي السلك عن بعضهما ويتم وصلهما بآلة التفجير (مولد التيار الكهربائي).

١٠– أخيرا يتم الضغط على زر التفجير في الوقت المناسب.

الاحتياطات اللازمة :

١ – عندما يتم استعمال اكثر من صاعق كهربائي في نفس التوصيلة الكهربائية يجب التأكد من أن الصواعق هي نفس النوعية. هذه المسالة ضرورية للتقليل من حالات فشل التفجير الجزئي أو الكلي وذلك لان الصواعق المتنوعة لديها خصائص كهربائية مختلفة مما يؤدي إلى عدم انفجار بعض الصواعق وذلك بسبب انفجار الصواعق الأخرى بشكل أسرع وانقطاع الدائرة نتيجة لذلك .

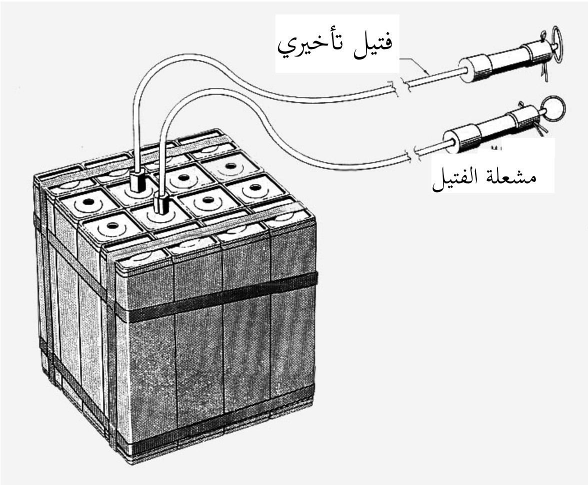
٢ – لأسباب تأمينية يجب أن يقوم شخص واحد بتوصيل أسلاك العبوة بآلة التفجير الكهربائية ويقوم هو وحده بإجراء عملية التفجير كما أن مسؤولية الحفاظ على آلة التفجير والتوصيلات الكهربائية يجب أن تناط إلى شخص واحد في عمليات التفجير التي يشترك فيها اكثر من فرد.

تشكيلة التفجير الثنائي :

هناك دائما نسبة من الخطورة على الأشخاص الذين يذهبون لتطهير عمليات التفجير الفاشلة . تشكيلة التفجير الثنائي تزيد من فرصة نجاح التفجير ، ويجب اتباع هذه التشكيلة عند الإمكان . وهذه التشكيلة هي عبارة عن تشكيلتين انفجاريتين كاملتين منفصلتين عن بعضهما البعض بشكل كامل ، بحيث أن كل تشكيلة قادرة على تفجير نفس العبوة . هاتان التشكيلتان من الممكن أن تكونا كهربائيتين أو اشتعاليتين (تشكيلة كهربائية وأخرى اشتعالية) .

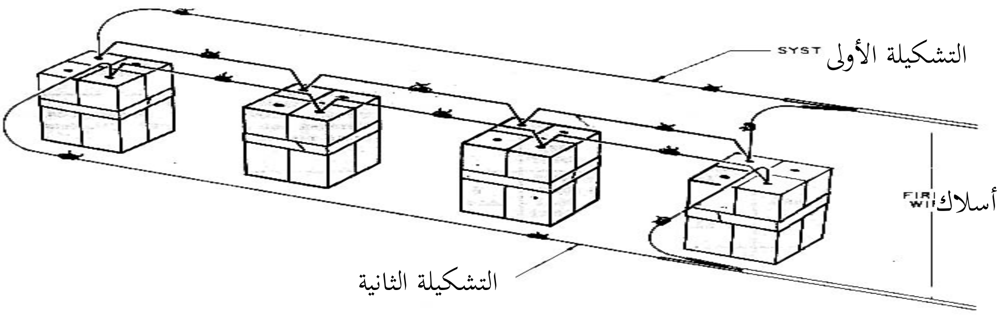
أ – التشكيلة الثنائية الاشتعالية :

شكيلتين اشتعاليتين منفصلتين عن بعضهما البعض لتفجير حشوة أو تشكيلة حشوات . إذا ما أريد تفجير حشوتين أو أكثر في نفس الوقت، يتم صنع حلقتي تفجير رئيسيتين بواسطة فتيل انفجاري ويتم وصل فتيل من انفجاري من كل حلقة الى كل حشوة .



ب – التشكيلة الثنائية الكهربائية :

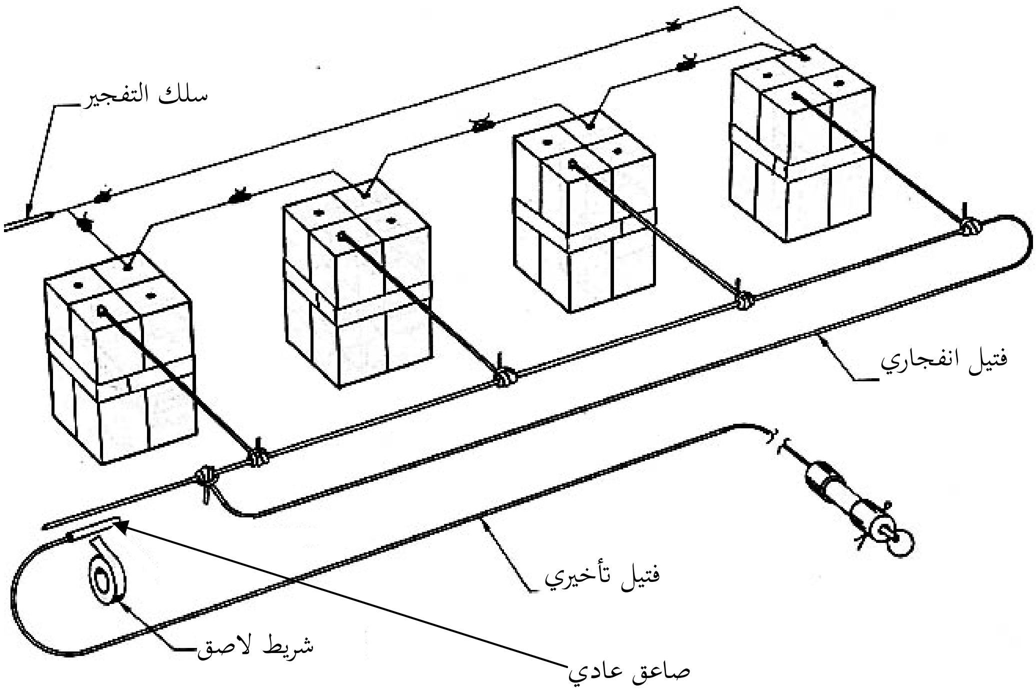
هذه التشكيلة تتألف من تشكيلتين كهربائيتبن كاملتين منفصلتين ، كل منها تحتوي على صاعق كهربائي منفصل بشكل أن عمل أي من التشكيلتين تفجر كل الحشوات . ويجب إبقاء الأسلاك لهاتين التشكيلتين منفصلة عن بعضها ، بشكل أن رصاصة واحدة أو شظية لا تقطع أسلاك التشكيلتين . كما أن نقاط مكان المفجر للتشكيلتين يجب أن تكونا منفصلتين .



ج – التشكيلة الثنائية المشتركة :

وهي عبارة عن تشكيلتين منفصلتين أحدهما كهربائية والأخرى اشتعالية ، بحيث أن كل عبوة موصولة بكل من التشكيلتين . يجب تفجير التشكيلة الاشتعالية أولا .

ملاحظة : في حال أريد تفجير عدة حشوات في نفس الوقت تستعمل التشكيلة المحتوية على الفتائل الانفجارية.

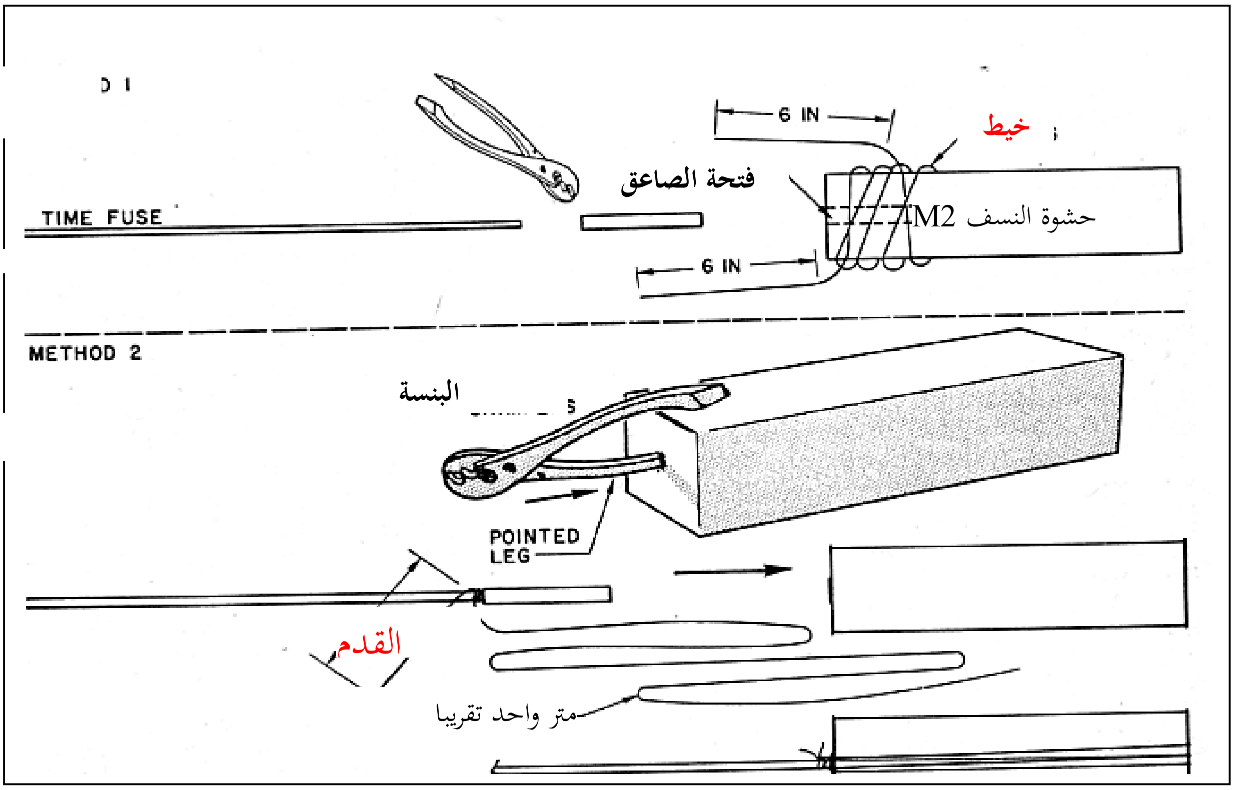


تثبيت الصواعق بالحشوات

❖ في التشكيلات الاشتعالية :

بعض الأحيان قد لا تحتوي حشوات النسف على فجوات مسننة . أما في حال وجودها يستعمل وصلات تثبيت الصاعق إذا توفرت وفي حال عدم توفرها يثبت الفتيل والصاعق بحشوة النسف كما يلي :

١- يتم لف سلك بإحكام حول حشوة النسف ، ويعقد بعد أن يترك حوالي ١٥ سنتم من كل طرف من السلك بعد العقدة ثم يوضع الصاعق المتصل بالفتيل في الفجوة المخصصة له في الحشوة . ويتم عقد السلك حول الفتيل لمنع انفصال الصاعق عن الحشوة .



ملاحظة : يجب عدم شد السلك بأحكام حول الفتيل لأنه قد يؤثر على الحشوة البارودية داخل الفتيل التأخيري وفي حال عدم وجود فجوة للصاعق يجب القيام بما يلي :

١ – يتم أحداث ثقب في المواد المتفجرة بواسطة آلة حادة عديمة الشرقطة أو بواسطة إحدى رجلي البانسة 2M. ويجب أن يكون الثقب واسعا بشكل انه يستوعب الصاعق بسهولة .

٢ – يتم لف سلك بأحكام حول حشوة النسف ويثبت الفتيل والصاعق بالطريقة المذكورة سابقا

تذكير :يمنع إدخال الصاعق بقوة في الثقب إذا كان ضيقاً و يتم نزع الصاعق وتوسيع الثقب .

❖ في التشكيلات الكهربائية .

في حال وجود فجوات مخصصة للصواعق في الحشوات ينبغي استعمال وصلات تثبيت الصواعق في حال توفرها كما يلي .

١ – فك أسلاك الصاعق عن بعضها البعض ووصلها بأسلاك التفجير .

٢ – يتم تمرير الأسلاك خلال الفتحة في وصلة التثبيت ثم يسحب الصاعق حتى يثبت في الوصلة .

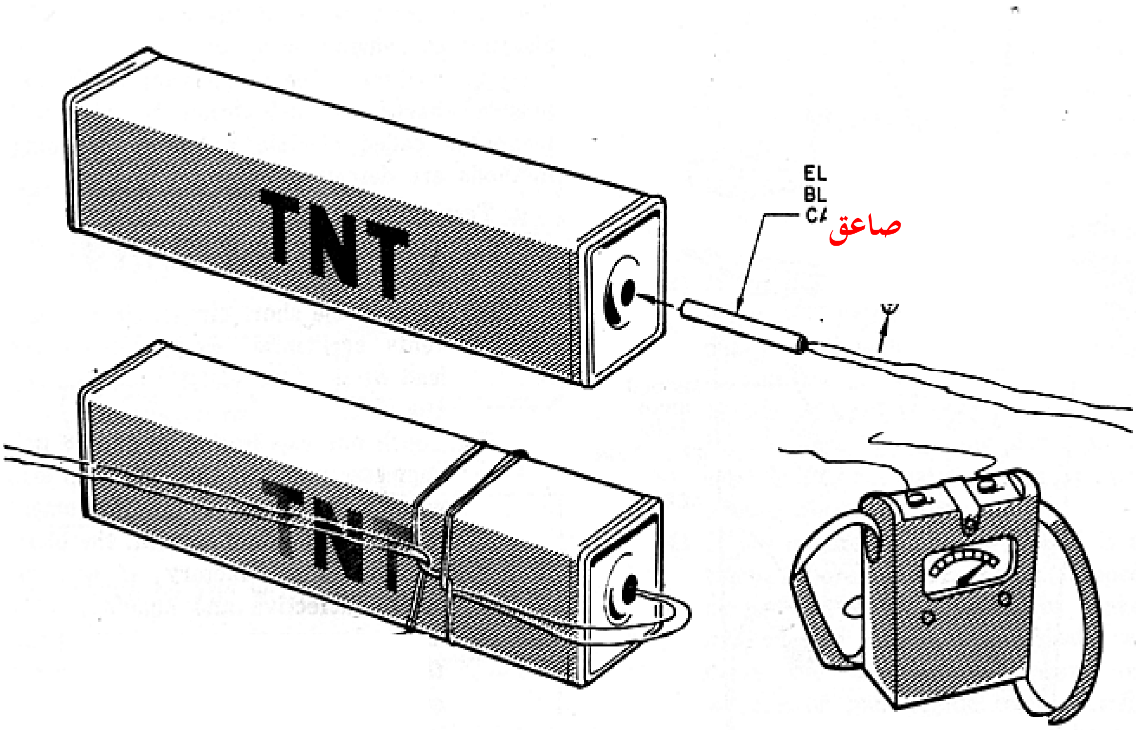
٣ – يتم إدخال الصاعق في فجوة الصاعق وتثبت الوصلة في مكانها بواسطة البرم .

أما في حال عدم توفر وصلات تثبيت يجب القيام بما يلي :

أ – يتم أحداث فجوة في الحشوة في حال عدم وجود هكذا فجوة .

ب – فك أسلاك الصاعق ووصلهما بسلكي التفجير .

ج – يتم إدخال الصاعق الكهربائي في فجوته ويربط السلك بالحشوة مع إبقاء القليل من الفراغ بين العقدة والصاعق لتجنب الشد على أسلاك الصاعق عند ربط السلك .



آلة الفحص

فشل التفجيرات الكهربائية :

طرق الاجتناب

أن أهم مسألة لاجتناب الخطأ هو إيكال جميع أعمال التوصيلات لشخص واحد كي يتم التأكد مما يلي :

أ – أن كل الصواعق هي ضمن الدائرة الكهربائية .

ب – أن كل التوصيلات بين أسلاك الصواعق وأسلاك التوصيل صحيحة .

ج – عدم وجود أي تماس بين الأسلاك .

د – عدد الصواعق لا يتجاوز مقدرة مصدر الطاقة الكهربائية .

أسباب الفشل

من الأسباب الشائعة :

١ – آلة التفجير معطلة أو ضعيفة .

٢– وجود خطا في استخدام آلة التفجير أو مصدر الطاقة .

٣ – وجود توصيلات رديئة أو مقطوعة، سببها اتصال بين سلكين(SHORT) أو سلك مقطوع أو مقاومة عالية نتيجة التوصيلات الرديئة ، كل هذه الأمور قد تسبب إضعاف التيار .

٤ – وجود صاعق معطل .

٥ – استخدام اكثر من نوع من الصواعق في التشكيلة .

٦ – استخدام عدد صواعق اكبر مما تتحمله آلة التفجير أو مصدر الطاقة .

عملية التطهير :

إذا ما كانت العبوة فوق الأرض ومجهزة بصاعق واحد يمكن إجراء التحقق الفوري .

أما إذا كانت العبوة تحت الأرض ومجهزة بصاعق واحد يجب القيام بما يلي في حال فشلت عملية التفجير .

أ – تفحص توصيله الأسلاك بآلة التفجير ، ويجب التأكد من أنها سليمة .

ب – يجب محاولة تفجير العبوة مرتين أو ثلاث مرات .

ج – يجب فصل الأسلاك عن آلة التفجير والانتظار لمدة ٣٠ دقيقة ، وقبل التوجه إلى مكان العبوة يجب التأكد من أن الأسلاك لجهة آلة التفجير متصلة مع بعضها البعض .

ملاحظة :

إذا ما كانت العبوة مجهزة بتشكيلة تفجير ثنائية يجب عدم الانتقال إلى مكان التفجير الثاني إذا ما كان الطريق إليه معرضة للخطر من انفجار العبوة . وبما انه هناك احتمال اشتعال العبوة المتفجرة نتيجة تفجير الصاعق الأول ومن ثم انفجار الصاعق الثاني نتيجة الاحتراق عندها يجب الانتظار لمدة ٣٠ دقيقة على الأقل .

د – يجب البدء بفحص التوصيلات للتأكد من عدم وجود أي اتصال غير مناسب أو أي انقطاع في السلك .

هـ – إذا لم يوجد أي عطل فوق الأرض يجب البدء بإزالة الرمل من فوق العبوة بهدوء لتجنب صدم الصاعق .

و – يجب عدم محاولة استخراج الصاعق أو العبوة .

ذ – إذا لم يظهر العطل حتى مسافة قدم واحد (٣٠سنتم) من العبوة يجب وضع حشوة زنة ٢ باوند مزودة بصاعق كهربائي .

ح – يجب فصل أسلاك صاعق العبوة الغير منفجرة عن سلك التوصيل ثم يتم وصل طرفي أسلاك الصاعق العاطل ببعضها البعض .

ط – يتم وصل أطراف السلك للصاعق الكهربائي لعبوة ٢ باوند بأسلاك التوصيل .

ي – يتم طمر العبوة .

ق – أخيرا يتم القيام بعملية التفجير وذلك لان العبوة الجديدة (٢باوند) تؤدي إلى انفجار العبوة الرئيسية .

خطورة البرق وأجهزة الإرسال على العمل بالصواعق الكهربائية .

خطورة أجهزة الإرسال :

أن حصول أي انفجار مفاجئ نتيجة للتيارات المتولدة من الترددات الراديوئية هو أمر محتمل والجدول التالي يذكر المسافات الفاصلة الدنية بين مصدر إرسال وبين مكان العمل الأمين بالصواعق الكهربائية .

قوة الإرسال (وات)	المسافة الفاصلة الدنية عن المرسل (بالأمتار)
من صفر إلى ٣٠ وات	٣٠ متر
من ٣٠ إلى ٥٠ وات	٥٠ متر
من ٥٠ إلى ١٠٠ وات	١١٠ أمتار
من ١٠٠ إلى ٢٥٠ وات	١٦٠ متر

الجدول السابق يطبق على محطات الراديو ، الرادار ، والتلفزيون ، وان أي نوع من أجهزة الإرسال المتحركة أو المحمولة يجب أن تكون على مسافة ٥٠ متر من أي صاعق أو جهاز تفجير فاذا لم يكن بالإمكان الابتعاد عن محطات الإرسال هذه المسافات المذكورة في الجدول فالطريقة الوحيدة الأمينة هي باستعمال تشكيلة التفجير الاشتعالية التي لا تتأثر بهكذا أجواء .

تحذير :إذا ما تم نقل الصواعق الكهربائية قرب أجهزة الإرسال أو في الاليات بما فيها المرواحيات يتم تشغيل جهاز إرسال فيها عندها يجب وضع الصواعق الكهربائية في علب معدنية خاصة ويجب أن يكون غطاء هذه

العلب محكما وطرفه يغطي البدن بمسافة اقلها نصف أنش (١,٣ سنتم) ويجب عدم نزع الصواعق من العلبة قرب جهاز الإرسال .

خطورة البرق :

يعتبر البرق مصدر خطورة لكل من الصواعق الكهربائية والاشتعالية ، وقد يسبب البرق تيارات أرضية عالية جدا وموجات صدم قادرة على تفجير الصواعق الاشتعالية والكهربائية تأثير البرق قد يتضاعف عند وجود أجسام موصولة قريبة كتلك الموجودة في الأبنية مثل سكك الحديد ، الجسور ، والكبلات الأرضية .

خطوط الكهرباء

التفجيرات الكهربائية يجب أن تكون على بعد ١٠٠ متر من خطوط التوتر العالي .

فشل التفجيرات بواسطة الفتيل الانفجاري ومعالجتها :

أ – فشل عمل صاعق غير كهربائي (إشعالي) :

في حال عدم انفجار صاعق إشعالي موصول بفتيل انفجاري ، يجب الانتظار ٣٠ دقيقة وبعدها يتم قطع الفتيل الانفجاري ثم يوصل صاعق إشعالي جديد بالفتيل .

ب – فشل عمل صاعق كهربائي :

في حال عدم انفجار صاعق كهربائي موصول بفتيل انفجاري ، يجب أن تفصل الأسلاك عن آلة التفجير ويتم إجراء فحصها ، ثم توصل أسلاك الصاعق ببعضها البعض وتعاين الدائرة الكهربائية . وإذا لم يتواجد أي عطل يتم استبدال الصاعق الكهربائي .

ج – فشل الفتيل الانفجاري :

في حال عدم عمل فتيل انفجاري موصول بصاعق اشتعالي أو كهربائي يتم استبداله بصاعق جديد مع الانتباه إلى لصقه بشكل محكم .

د – فشل انفجار فتيل فرع :

إذا ما انفجر الفتيل الرئيسي ولم ينفجر الفتيل الفرع ، يتم تثبيت صاعق بالفتيل الفرع ثم يفجر على انفصال .

هـ – فشل انفجار عبوة :

إذا كانت العبوة فوق الأرض وانفجر الفتيل الموصول بها ولم تنفجر ، عندها يتم تأخير فحص الحشوة حتى يتم التأكد من أن الحشوة لا تحترق . أما إذا كانت الحشوة تحت الأرض فيجب الانتظار ٣٠ دقيقة . فذا ما زالت الحشوة متماسكة ، يتم وضع صاعق جديد . فذا كانت مفتتة بفعل انفجار الفتيل الانفجاري ، عندها تجمع المواد ويوضع عليها حشوة نسف جديدة إذا ما كان ذلك ضروريا وأيضا مع صاعق جديد .

يجب المحاولة بأقصى جهد لتجميع كافة المواد وخصوصا في الأعمال التدريبية .

الكترونيات المتفجرات

سيكون حديثنا الآن عن بعض الامور الالكترونية والتي تفيدنا في توظيف واستخدام المتفجرات ونبدأ بـ

■ المقاومة : (R)

هي ممانعة المادة لمرور التيار الكهربائي وتقاس بالأوم (Ω).

وتنتج هذه الممانعة عن طريق وقوف ذرات المادة في وجه سيل الإلكترونيات الممثل للتيار الكهربي الناتج عن فرق الجهد بين نقطتين.

<u>تعتمد مقاومة أي موصل على مجموعة عوامل هي:</u>

١- طول الموصل　　　　٢- مساحة مقطعه

٣ - نوع الموصل أي مقاومته النوعية　　　　٤- درجة الحرارة

❖ (يوجد قانون نستطيع بواسطته إيجاد قيمة المقاومة بمعرفة هذه العوامل لأي مادة مع ملاحظة ثبات المقاومة النوعية(ρ) للمادة عند درجة الحرارة).

<u>القانون للإطلاع فقط (لن نستخدمه)</u> $R = (\rho \times L) / A$

❖ حيث R هي قيمة المقاومة.

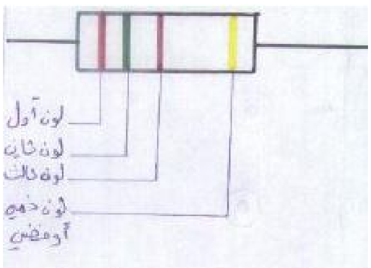
❖ ρ هي المقاومة النوعية للمادة وتختلف من مادة لأخرى وتعتمد في بعض المواد على درجة الحرارة.

(المقاومة النوعية للمادة هي مقلوب التوصيلية الكهربية σ أي أن $\rho = 1 / \sigma$).

❖ L هو طول السلك أو طول الموصل.

❖ A هو مساحة مقطع السلك أو الموصل .

<u>طريقة حساب قيمة المقاومة بالألوان الموجودة عليها:</u>



كما في الشكل المقابل نجد أن على ظهر المقاومة يوجد ٤ ألوان (لون ذهبي أو فضي أقصى اليمين وعلى يساره يوجد ثلاثة ألوان) و لكي نحسب قيمة المقاومة عن طريق الألوان:

١- نضع المقاومة كما في الشكل بحيث يكون اللون الذهبي أو الفضي أقصى اليمين والألوان الثلاثة الأخرى إلى اليسار .

٢- حساب التفاوت أو نسبة الخطأ:

<u>معنى نسبة الخطأ أو التفاوت</u> : هو أن قيمة هذه المقاومة الفعلية يزيد أو ينقص عن قيمتها الفعلية بنسبة هذه الخطأ أو هذا التفاوت.

- اللون الفضي أو الذهبي ليس له قيمة في حساب المقاومة لكنه يدلنا على قيمة الخطأ أو التفاوت في هذه المقاومة (الفضي يعنى نسبة خطأ ±١٠% والذهبي نسبة خطأ ± ٥%).

- يوجد أيضاً مقاومات حديثة نجد مكان اللون الذهبي أو الفضي لون أحمر أي نسبة خطأ أو تفاوت ± ٢% أو لون بني أي نسبة خطأ أو تفاوت ±١%. المقاومات التي لا يوجد عليها لون رابع (فضي–ذهبي–أحمر–بني) تكون نسبة الخطأ أو التفاوت فيها±٢٠%.

٣ – لحساب قيمة المقاومة باستخدام الثلاث ألوان الأساسية على اليسار:

أ–نستخدم قاعدة

$$10^{س3} \times س2 .س1$$

حيث س ١ هي قيمة اللون الأول من اليسار

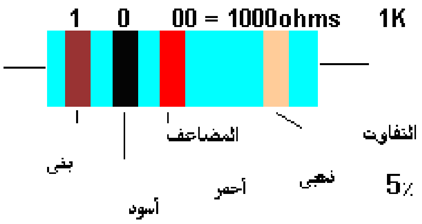
و س٢ هي قيمة اللون الثاني من اليسار

و س٣ هي قيمة اللون الثالث من اليسار.

ب– نستخدم الجدول المقابل لمعرفة قيم الألوان:

اللون	اللون الاول و الثاني	المضاعف	الزيادة والنقصان
اسود	0	× 1	-
بني	1	10	±1%
احمر	2	100	±2%
برتقالي	3	1000	±3%
اصفر	4	10,000	±4%
اخضر	5	100,000	-
ازرق	6	1,000,000	-
بنفسجي	7	10,000,000	-
رمادي	8	100,000,000	-
ابيض	9	-	-
ذهبي	-	0.1	±5%
فضي	-	0.01	±10%
بلا لون	-	-	±20%

ترميز قيم المقاومات بالألوان



مثال على ذلك:

في الشكل التالي نجد أن :

اللون الأول هو البني ومن الجدول نجد قيمته س١=١

واللون الثاني هو الأسود وقيمته من الجدول

س٢=صفر واللون الثالث (المضاعف) هو الأحمر

وقيمته من الجدول س٣=٢ بتطبيق القاعدة السابقة:

$$10^{س3} \times س2 .س1$$

نجد أن القيمة ستكون : ١٠×١٠ أس ٢ = ١٠ × ١٠٠=١٠٠٠ أوم .

ملاحظات :

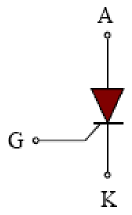
١–من الجدول ممكن تعديل القاعدة إلى : س١.س٢ × المضاعف (ونحفظ قيمة المضاعف مباشرة) في المثال السابق قيمة المضاعف للون الأحمر ١٠٠.

٢–نجد في هذه المقاومة أن اللون الذي في أقصى اليمين هو اللون الذهبي أي ان قيمة التفاوت في هذه المقاومة± ٥% أي أن القيمة الفعلية لهذه المقاومة إما ١٠٠٠–٠,٠٥=٩٩٩,٩ أو أن قيمتها ١٠٠٠+٠,٠٥=١٠٠٠,٠٥ وهذا فارق ضئيل لا يمثل مشكلة في الدوائر الإلكترونية.

■ الثايرستور :

(الموحد التحكمى السليكونى) (SCR)ويسمى أيضاً المفتاح الإلكترونى.

❖ هو عبارة عن وصال مثل الحاكمة(الريلاي) تماما إلا أنه إذا ما وصل فإنه لا يقطع إلا إذا قمنا نحن بذلك أو إذا انقطع التيار نتيجة نفاذ البطارية ، الشكل المقابل يوضح رمز الثايرستور .



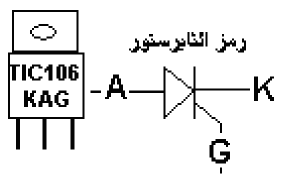
❖ **ونجد أنه يتكون من ثلاثة أطراف :**

- A الأنود (المصعد) .
- K الكاثود(المهبط).
- G البوابة (Gate) ويسمى أيضاً القادح أو الزناد وهو طرف التحكم في الثايرستور.

❖ <u>وبتعبير آخر أنه إذا وصلت نبضة كافية لتشغيل بوابته فإنه سوف يصل إلي ما شاء الله حتى ولو قطع التيار عن البوابة.</u>

❖ <u>يعمل كمفتاح يغلق بوصول نبضة فولتيه على البوابة (G).</u>

■ دائرة فحص الثايرستور:



وهذه الدائرة تعلمنا أيضاً غير فحص الثايرستور طريقة عمله .

رمز الثايرستور وأحد أنواعه في السوق

يعمل الثايرستور إذا طبقنا تيار ضئيل على البوابة ويختلف ثايرستور عن الأخر في الأحمال والتيارات التي يعمل عندها.

يجب أن تعلم في الثايرستور الأنود (المصعد) والكاثود (المهبط) والبوابة(الزناد).

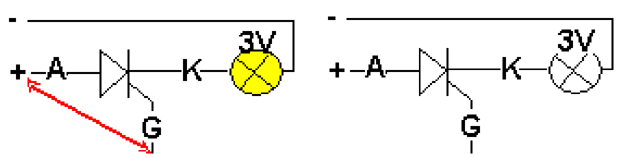
■ خطوات دائرة الفحص:

١- صل المصعد بالقطب الموجب للبطارية .

٢- صل المهبط بمصباح يضيء عند جهد البطارية.

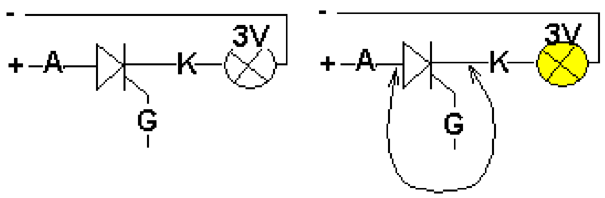
٣- صل طرف المصباح الآخر بالقطب السالب للبطارية كما هو موضح بالشكل.

٤- الآن قم بوصل لحظي (أي طرفة عين أو لبرهة) للطرف البوابة بالقطب الموجب أو مع المصعد وذلك بقطعة نقود أو مفك معدني أو ما شابه أو باستعمال ملاقط التوصيل فم التمساح (صل الملقط لطرف السلك بالبوابة وقم بتماس الطرف الآخر مع القطب الموجب حتى يضيء المصباح وبعد ذلك ارفع هذه الوصلة تلاحظ أن الثايريستور يبقى موصلا رغم عدم وجود تيار متواصل على بوابته.(هذه خاصية هامة جدا جدا في دوائر التفجير).



توصيل Gبالطرف الموجب

٥- قم بوصل المصعد والمهبط معا للحظة حتى ترى أن المصباح زاد في شعاعه لحظة ثم انطفأ.(طريقة أخرى لعمل الثايرستور لن تفيدنا).



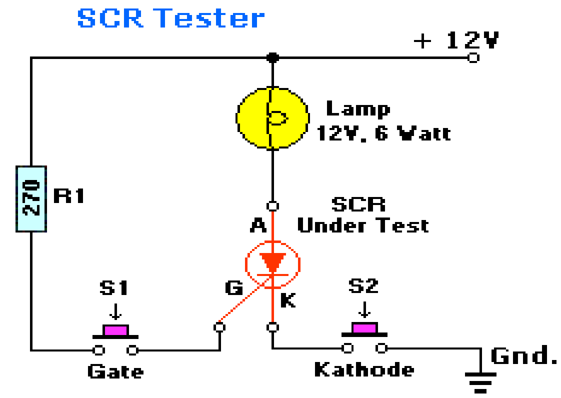
٦- قم بالتدرب وإعادة الفحص عدة مرات حتى تتضح لك التجربة.

دائرة أخرى لفحص الثايرستور:

في الدائرة السابقة: هذه الدائرة البسيطة جدا والمكونة من لمبة ومصدر جهد تعمل الدائرة بعد حقن بوابة الثايرستور بجهد موجب التي تجعل الثايرستور في حالة توصيل مما يضيء اللمبة.

لن تطفأ اللمبة إلا بعد فصل احد أطراف الثايرستور الأنود أو الكاثود حتى يوقف سريان التيار.

نجد أننا أضفنا مقاومة R1لحماية المصباح من التيار الزائد.



فاحص الثيرستور

ملاحظات على الثايرستور :

١- الثايرستور أهم قطعة إلكترونية سنستخدمها في دوائر التفجير .

٢- يجب فهم طريقة عمل وتوصيل الثايرستور جيدا .

٣- من خواص الثايرستور أنه يظل موصلا التيار في حالة انقطاعه عن البوابة وهذه خاصية مهمة جدا لضمان استمرارية وصول التيار للصاعق لتفجيره حتى لو فصلنا التيار بعد ذلك.

دوائر التفجير التوقيتي الالكتروني (المؤقتات)

في هذا الموضوع سنتعلم الطرق التى نستخدمها في صناعة العبوات التي تنفجر عند توقيت معين .

الفكرة الأساسية في التفجير التوقيتي:

سنضبط دائرة إلكترونية لا تعمل إلا بعد مرور وقت معين وعند مرور هذا الوقت تنتج نبضة كهربية تعمل على توصيل أجزاء الدائرة كانها مفتاح ضغط فتقوم بتوصيل التيار إلى الصاعق ومنها:

دائرة ساعة اليد الرقمية

■ **مكونات الدائرة :**

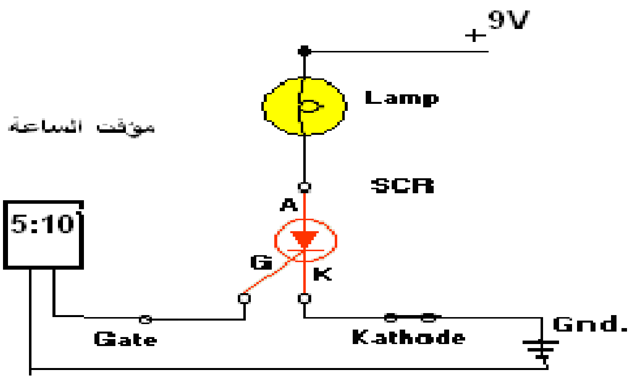
١- ساعة يد رقمية تحتوي على توقيت(منبه) يتم إخراج سلكيين من جرسها.

٢- الثايرستور وقد سبق شرحه.

٣- اللمبة الكهربية.

٤- بطارية ٩ فولت.

٥- مفتاح On/Off.



■ **التطبيق العملي:**

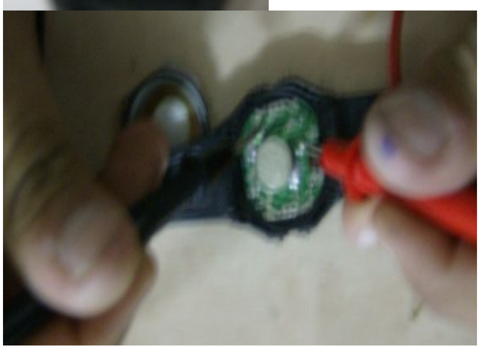
❖ قم بإحضار ساعة يد تحتوي علي جرس منبه من السوق.

❖ قم بإزالة الغطاء الخارجي للساعة.

❖ ستري كما هو موضح بالشكل زنبركين هما القطبان الموجب والسالب للجرس قم بلحم سلكى توصيل فيهما.(يجب معرفة القطبين جيدا).

❖ قم بضبط الساعة علي توقيت معين وتأكد من خروج نبضة فولتيه من الجرس.(عن طريق الافوميتر).

❖ قم بإلغاء إشارة الجرس من الساعة كي يتم ربطها بالدائرة الكهربية_

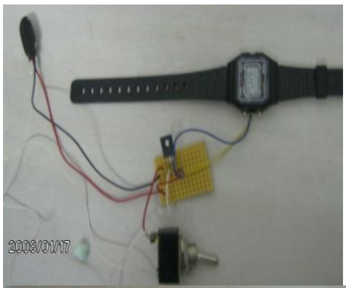


❖ قم بتوصيل كاثود الثايرستور بالطرف السالب لجرس الساعة.(مهم جدا الأقطاب)_.

❖ قم بتوصيل بوابة الثايرستور بالطرف الموجب لجرس الساعة.(لاحظ الأقطاب جيدا).

❖ قم بتوصيل أنود الثايرستور مع الطرف الموجب لبطارية الحمل.(دائما انود الثايرستور مع موجب البطارية).

❖ قم بتوصيل الطرف السالب لبطارية الحمل بطرف مفتاح On/Off.(يستخدم كمفتاح أمان ويمكن الاستغناء عنه مع الحرص التام).



❖ قم بتوصيل الطرف الثاني من المفتاح بأحد أطراف البلحة(مكان لمبة الامان).

❖ قم بتوصيل الطرف الأخر من البلحة(مكان لمبة الأمان) بكاثود الثايرستور.

❖ قم بتوصيل لمبة تحذير يكون طرفها الأول في سالب بطارية الحمل وطرفها الثاني في كاثود الثايرستور.(في البلحة).

❖ قم بضبط التوقيت الذي تريد والذي يتزامن ووجود الهدف في المكان ومفتاح On/Off في وضع Off.

❖ قم بإرجاع إشارة جرس الساعة

❖ في حال كانت لمبة التحذير غير مضاءة في أنت في أمان وقمت بتشبيك الدائرة بشكل صحيح.

❖ قم بشبك الحمل وقم بتعديل وضع المفتاح On/Off إلي وضع On.

ملاحظة هامة جدا:

في هذه الدائرة عكسنا الشكل التقليدي لتوصيل الثايرستور (راجع شرح الثايرستور).

فنجد أننا قمنا بتوصيل الانود مباشرة بالحمل والطرف الموجب للبطارية .. وأدخلنا النبضة الفولتية بين الكاثود والبوابة.(لماذا!!!!!!؟)

الإجابة : لان جرس الساعة (وبالمثل جرس الجوال وأي جهاز آخر) يخرج نبضة فولتية فيكون القدح على البوابة بفولت وليس بالتلميس كما في حالة اختبارالثايرستور .

في هذه الحالة نستخدم الشكل السابق.

وممكن استخدام الشكل المشروح في نظرى الثايرستور (الحمل يكون بين الكاثود والطرف السالب والقدح يكون بين الانود والبوابة) ولكن بشرطين:

١- مراعاة الاستقطاب العكسى اى أن نوصل الطرف السالب للجرس في الانود والموجب في البوابة (لاحظ دائما طرف القادح الموجب في البوابة).

٢- إذا استخدمنا جهاز يعمل على التلميس فقط اى ان القدح يكون باللمس بين الطرفين وليس بنبضة فولتية.

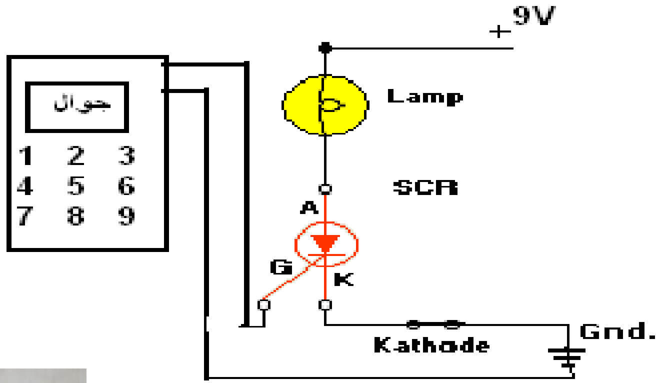
دائرة الهاتف المحمول (الجوال)

مقدمة:

يعاني مجاهدونا من مشكلة كشف العبوات الناسفة الأرضية وذلك بسبب الأسلاك الممدودة للمفجر وبذلك يكون قد ضاع هدفاً من يد المقاومة إضافة لتعرض المجاهد نفسه للخطر في حال اكتشاف مكانه والذي سيكون مرابطاً بالقرب من العبوة علي بعض خمسمائة متر فقط ليقوم بدوره بتفجير العبوة حين مرور الهدف يوفر الجوال طريقة لتفجير الهدف عن بعد دون تعريض المجاهد للخطر وتخفيف احتمالية اكتشاف موضع العبوة مع ملاحظة أن الهدف المقصود هو هدف ثابت وغير متحرك وتوجد طرق أخري للتفجير باستخدام الجوال للأهداف المتحركة لكن في الغالب يهود والدول المتقدمة تشوش على الجوالات في الدوريات والمواكب

الأدوات المطلوبة:

١- جوال ويتم استخراج سلكيين من جرس الجوال " الزنبركين الداخليين"
٢- الثايرستور.
٣- اللمبة الكهربية.
٤- بطارية ٩ فولت.
٥- مفتاح On/Off.



التطبيق العملي

❖ قم بإحضار جوال صالح للاستخدام من السوق.
❖ قم بإزالة الغطاء الخارجي للجوال.
❖ ستري كما هو موضح بالشكل زنبركين هما القطبان الموجب والسالب للجرس قم بمتابعة الموضع المقابل للزنبركين في اللوحة الالكترونية الخاصة بالجوال كما هو موضح.

❖ كما ستري موضع الأنتين الخاص بالجوال والذي سيضاف له سلك لزيادة كفاءة الأنتين(هوائي الجوال).
❖ قم بلحم سلكيين في الموضعين التي تم تحديدهما في الخطوة السابقة كما هو موضح بالشكل.
❖ قم بلحم سلك يمثل الأنتين في اللوحة المعدنية الفضية كما هو موضح بالشكل.

- ❖ قم بتوصيل كاثود الثايرستور بالطرف السالب لجرس الجوال.
- ❖ قم بتوصيل بوابة الثايرستور بالطرف الموجب لجرس الجوال
- ❖ قم بتوصيل أنود الثايرستور مع الطرف الموجب لبطارية الحمل.
- ❖ قم بتوصيل الطرف السالب لبطارية الحمل بطرف مفتاح On/Off.

قم بتوصيل الطرف الثاني من المفتاح بأحد أطراف البلحة مدخل أنتي.

- ❖ قم بتوصيل الطرف الأخر من البلحة في كاثود الثايرستور.
- ❖ قم بتوصيل لمبة تحذير يكون طرفها الأول في سالب بطارية الحمل وطرفها الثاني في كاثود الثايرستور.
- ❖ قم بإعادة غطاء الجوال إلي وضعه الطبيعي.
- ❖ في حال كانت لمبة التحذير غير مضاءة في أنت في أمان وقمت بتشبيك الدائرة بشكل صحيح.
- ❖ قم بشبك الحمل وقم بتعديل وضع المفتاح On/Off إلي وضع On.

حال تأكدك من وجود الهدف في المكان قم بالاتصال بالجوال عن طريق جوال أخر

<u>ملاحظات هامة:</u>

- قد يبقي الهدف غير متوفر لمدة طويلة وعليه نقوم بتشبيك خمس بطاريات جوال على التوازي لإطالة الزمن التشغيلي للدائرة.
- الأنتين الذي تم وصله هو لتحسين وضع الاستقبال في الجوال حيث أنه قد يدفن في باطن الأرض.
- يتم استخدام بطاقتي جوال جديدتين غير مستخدمات بهدف تلافي الوقوع في المحظور سواء باستقبال مكالمة والعبوة موصولة قبل موعد التفجير أو كشف الشخص الذي يمتلك الشريحة مع مراعاة عدم تسجيل الشرائح المتصلة والمستقبلة باسم المجاهد وارجع للاجراءات الامنية للجوال.
- يتم وضع الجوال في وضع صامت مع تخصيص نغمة في هذا الوضع للشريحة المتصلة وهذا عامل أمان مهم.

ملاحظة: يرجى التجريب قبل العمل لملاحظة نجاح ما نود عمله بحيث لا نتفاجئ عند التنفيذ.

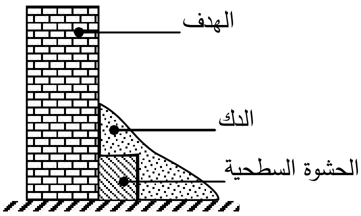
الحشوات

وهي القسم الخامس والأخير من وسائط التفجير بعد الفتائل والصواعق والأسلاك والمنابع

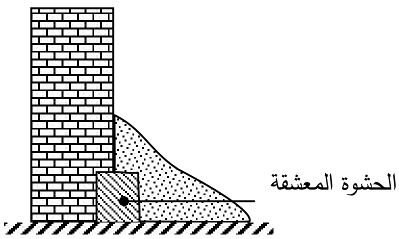
تعريفها: هي كمية المتفجرات اللازمة لإحداث الغرض التخريبي لهدف معين والمحسوبة وفق قوانين النسف والتخريب.

أنواع الحشوات:

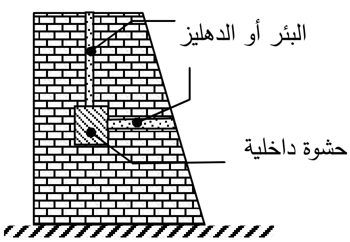
❖ **من حيث وضعيتها:**



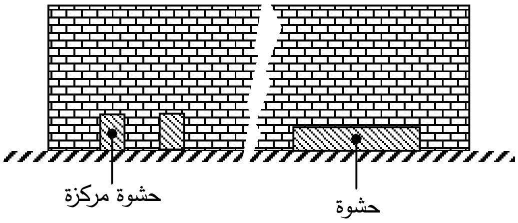
١- **الحشوة السطحية:** حيث توضع الحشوة على سطح الهدف المنوي تدميره أو قلبه. وتستخدم فيها المتفجرات القاصمة، ولا تتطلب بالضرورة إستخدام دكة، رغم أن الدكة ضرورية لزيادة فعالية الحشوة، ولا تستخدم المتفجرات الضعيفة في الحشوات السطحية إلا إذا كان الهدف المنوي تخريبه خشبياً أو عبارة عن بناء متوسط القوة. ويشترط عند ذلك إستخدام دكة كبيرة مهمتها توجيه القسم الأكبر من تأثير الإنفجار نحو الهدف المراد تخريبه. ويمكن أن تكون الحشوة السطحية مركزة أو متطاولة.



٢- **الحشوة المعشقة:** حيث يوضع قسم من الحشوة داخل الهدف المنوي تدميره أو قلبه والقسم الآخر يبقى خارجاً . ويمكن أن تكون الحشوة المعشقة مركزة أو متطاولة.

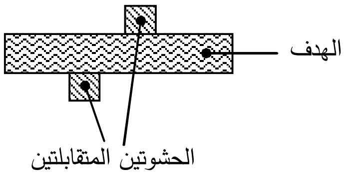


٣- **الحشوة الداخلية:** حيث توضع الحشوة داخل الهدف المنوي تدميره. وتستخدم فيها المتفجرات القاصمة أوالمتفجرات الضعيفة. ويتطلب وضع الحشوة داخل الهدف المنوي تخريبه حفر بئر أو دهليز ينتهي بحجرة لاستيعاب الحشوة. وتساعد الدكة في هذه الحالة على زيادة قوة التدمير، أي أنها تنقص بالتالي كمية الحشوة اللازمة لتحقيق التدمير. وعندما يكون الهدف المنوي تخريبه كبيراً ، تقسم الحشوة الداخلية إلى عدة حشوات مركزة توزع بحيث تزداد فاعلية التخريب.



٤- **الحشوة المركزة:** عبارة عن حشوة تركز عند نقطة معينة من الهدف المنوي تدميره أو خرقه.

٥- **الحشـوة المتطاولـة:** عبـارة عـن حشـوة تمـد على طول الهدف المنوي تدميره أو قطعه.



٦- **الحشوة المتقابلـة:** أو حشوة القص وهي عبارة عن حشوة سطحية تقسم إلـى قسمين، يوضـع كل قسم بشكل متقابل للآخـر بحيث يـؤدي إنفجارهما معاً إلـى إحـداث تأثير قص. وتستعمل هذه الطريقة عند الرغبة في قطع المعادن.

❖ من حيث الإستعمال:

١- **الحشـوة الدافعـة:** هـي الحشـوة (مواد دافعـة) التـي يـؤدي إنفجارهـا إلـى إنطـلاق المقذوف (رصاصـة، قذيفـة، صـاروخ). وقد تكـون الحشـوة الدافعة داخـل ظـرف متصـل مـع المقذوف (رصاصـة البندقيـة، قذيفـة المـدفع)، أو مثبتـة داخـل ذيـل المقذوف (القذائف الصـاروخية)، أو علـى أجنحـة الذيل (قذيفـة الهـاون)، أو ضـمن كـيس يوضـع خلـف القذيفـة فـي حجرة الإنفجار (بعض المدافع الثقيلة). ويؤثر وزن الحشوة على مدى القذف.

٢- **حشوة القذيفة أو القنبلـة:** هـي الحشـوة (مواد مدمرة) الموجـدة داخل الرأس الحربـي للمقذوف (قنبلة، قذيفة، صاروخ)، والتي يؤدي إنفجارها إلى إنفجار جسم المقذوف وتدمير الهدف.

٣- **حشوة اللغم:** هي الحشوة (مواد مدمرة) الموجدة داخل اللغم، والتي يؤدي إنفجارها إلى إنفجار جسم اللغم وتدمير الهدف.

شكل انتشار انفجار الحشوة المتطاولة (لغم بنجالور)

٤- **البنغلـور:** هـو حشـوة متطاولـة، تتـألف مـن أنبـوب معـدني محشـو بـالمتفجرات المـدمرة، يسـتخدم لفـتح الثغرات فـي الأسـلاك الشـائكة أو حقول الألغام أو فـي أعمال التخريب المتعددة.

❖ **من حيث الشكل:**

هناك عدة أشكال للحشوات، تختلف باختلاف الغرض منها فهناك الحشوة المكعبة، والأسطوانية، والكرويـــة، والمنشـــورية، والمخروطيـــة، والجوفــاء... وهنـــاك الحشـــوات الرقـــائق، والبـــودرة، والمبرغلة...ولشكلها دور كبير في استخدامها وهي كالتالي :

١- الحشوة المكعبة _ المتوازية الأضلاع (المركزة)

الحشوة الكعبة لها أبعاد متساوية، ومركز ثقلها الهندسي الذي يوضع فيه الصاعق أو الفتيل المتفجر في القلب أي في منتصف الطول ومنتصف العرض ومنتصف الارتفاع، لها استخدامات كثيرة في النسف والتخريب وفي السيارات المفخخة، وهي عملية عند الحاجة لضرب الأربع جهات بقوة تدميرية متساوية .

❖ **طريقة تجهيز الحشوة:**

- بالصاعق : يوضع الصاعق في الثقل الهندسي للحشوة كما في الشكل ثم ثبت الصاعق بلاصق بلاستيكي .

ملاحظة : تجهيز هذه الحشوة بالصاعق على نوعيه الكهربائي والناري (العادي)، وكذلك جميع الحشوات التي ستذكر لاحقاً

- **بالفتيل المتفجر** : يوضع الفتيل على الحشوة بشكل حلقي، وبعدها يربط الفتيل على الحلقة عدة ربطات لا تقل عن ثلاث ربطات، وأخيرًا يوضع الطرف الحر من الفتيل داخل الحلقة ويتم سحب طرفي الفتيل، ثم يثبت الفتيل على العبوة بلاصق بلاستيكي، عندها تكون العبوة جاهزة **للاستخدام** .

٢- الحشوة المتطاولة (المستطيلة الأضلاع)

للحشوة المتطاولة استخدامات كثيرةوغالباً ما تستخدم في أعمال النسف والتخريب لقطع الصفائح الخشبية والمعدنية والجسور والأعمدة وتسمى بحشوة القطع أو القص .

❖ طريقة تجهيز الحشوة:

- **بالصاعق** :يوضع الصاعق في مركز الثقل الهندسي للعبوة.

ملاحظة :عندما تكون الحشوة متطاولة أكثر يوضع لها صاعقين من الجهتين.

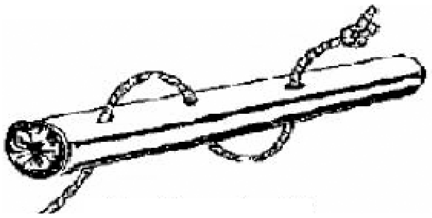
- **بالفتيل المتفجر** :طريقة تجهيز الحشوة المتطاولة بالفتيل المتفجر كطريقة تجهيز الحشوة المركزة بالفتيل المتفجر.

٣- الحشوة الأسطوانية:

هي عبارة عن قضيب من المتفجرات أشبه ما تكون بحشوات قذائف المدفعية والحشوات الأساسية للصواريخ، وأيضاً فإن شكل هذه الحشوة يشبه شكل الحشوة الدافعة الصاروخية الثانية لقذيفة [RBG7].

❖ طريقة تجهيز الحشوة:

- **بالصاعق** : يوضع الصاعق في قلب الدائرة للحشوة الأسطوانة في مركز الثقل الهندسي، وإذا كانت الحشوة الأسطوانية متطاولة بشكل كبير فتحتاج في هذه الحالة لوضع الصواعق من الجهتين كما في الحشوة المتطاولة.



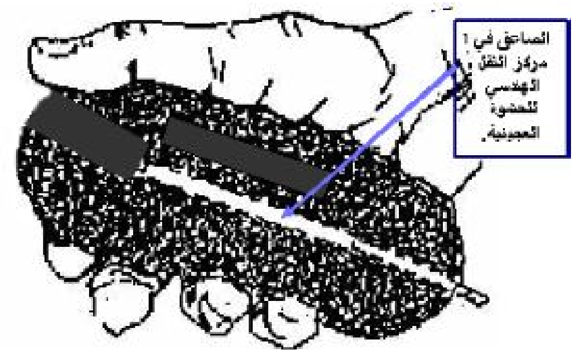
- **بالفتيل المتفجر** : إما بربط الفتيل كما في الحشوتين السابقتين (المكعبة والمستطيلة)، أو بثقب ثلاثة ثقوب ومد الفتيل منها، مع عقد الفتيل من بدايته ونهايته، ثم يشد الفتيل من الجهتين ليلامس جسم العبوة ومن ثم يوضع عليه اللاصق البلاستيكي .

٤ – الحشوة العجينية:

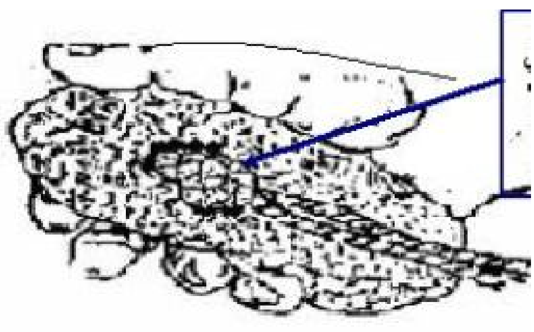
هي عبارة عن حشوة لدنة عجينية سهلة التشكيل، تأتي على شكل أسطواني كأصابع الديناميت وC4 أو شكل متوازي مستطيلات كقالب او على شكل مثلث او على شكل معين C4 و C3 أو ليس لها شكل هندسي أصلاً

❖ **طريقة تجهيز الحشوة:**

- **بالصاعق** : يوضع الصاعق في مركز الثقل الهندسي للحشوة من الداخل، وذلك بفتح العجينة ووضع الصاعق داخل الحشوة ثم تضم العجينة عليه، ثم توضع الحشوة داخل كيس لتجميع الحشوة جيدًا حول الصاعق، ثم نضع على الكيس لاصقاً بلاستيكياً ، ولا بد أن تجعل سمك الحشوة من سطح .الصاعق في جميع الاتجاهات لا يقل عن ٢,٥ سم



- **بالفتيل المتفجر**: إذا كانت الحشوة العجينية ليس لها شكل هندسي، فيعقد الفتيل المتفجر عدة عقد على بعضها البعض لزيادة قوة الصعق، ومن ثم تقطع الحشوة من المنتصف بسكين وتوضع هذه العقد في مركز الثقل الهندسي للحشوة، ولا بد أن يكون سمك الحشوة من سطح الفتيل في جميع الاتجاهات لا يقل عن ٢,٥ سم،



أما إذا كانت الحشوة العجينية أسطوانية، فيمكنك ثقب الحشوة ثلاثة ثقوب كما في الحشوة الأسطوانية، ثم يمرر الفتيل من هذه الثقوب، ثم يعقد الفتيل من بدايته ونهايته، ثم توضع الحشوة في كيس بلاستيكي وتثبت باللاصق

ومن انواع الحشوات العجينية

وتتشكل كيف نريد ولها انواع عديدة ومتنوعة نذكر أشهرها وطريقة استخدامها

الحشوة المثلثية او السرجية

- **وتسمى** طريق تقاطع التكسير. تستخدم التأثير التدميري لتقاطع الكسور الناتجة عن اتحاد موجتين إنفجاريتين عند الطرفين المتقابلين للحشوة.

❖ **طول القاعدة:** نصف محيط الهدف.

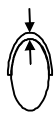
❖ **أطول محور :** محيط الهدف.

❖ **السماكة:** 2.5 سنتم من الـ C4.

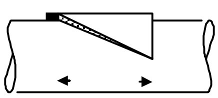
❖ **طريقة عملها كما بالصور**

❖ **التفجير ووضع الصاعق:** عند قمة المثلث.

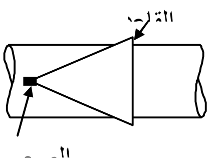
❖ **طريقة الوضع:** توضع الحشوة بحيث يكون محور طول الحشوة موازي لمحول طول الهدف. تجهز الحشوة بالشكل الصحيح ومن ثم يتم تثبيتها على الهدف بواسطة الربط أو البلاستر أو أي مادة لاصقة (من الضروري أن تكون الحشوة مماسة للهدف بشكل تام)



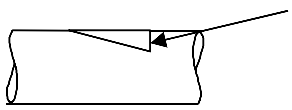
❖ **الهدف:** الحبال والقضبان المعدنية لسماكة حتى ٢٠ سنتم.



❖ **وفي الصورة المقابلة شكل تخطيطي لوضعها كقطاع عرضي وطولي ومن الاعلى**



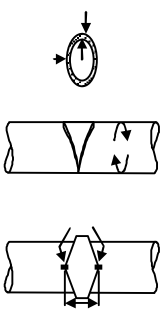
❖ **س: كم يكون طول المحور الظاهر بالنسبة لقطر القضيب كما بالصورة؟**



الحشوة الماسية (المعينية)

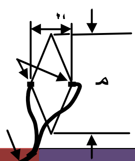
وتسمى طريقة موجة الإجهاد. تعتمد على التأثير التدميري لتصادم موجتين إنفجاريتين من حشوة متفجرة صعقت في نفس الوقت من طرفيها المتقابلين.

- ❖ **أطول محور :** محيط الهدف.
- ❖ **أصغر محور:** نصف محيط الهدف.
- ❖ **السماكة:** 2.5 سنتم من الـ C4.
- ❖ **طريقة عملها كما بالصور**
- ❖ **التفجير :** في نفس الوقت من كلا طرفي أصغر محور من الحشوة. حيث يذخر كل طرف بفتيل صاعق مذخر بصاعق عادي. ويجب أن تكون الفتائل الصاعقة متساوية الطول.
- ❖ **طريقة الوضع:** تلف الحشوة على الهدف بحيث يتلامس طرفي محور الطول (يمكن زيادة أبعاد الحشوة بلطف لتحقيق ذلك). تجهز الحشوة بالشكل الصحيح ومن ثم يتم تثبيتها على الهدف بواسطة الربط أو البلاستر



أو أي مادة لاصقة (من الضروري أن تكون الحشوة مماسة للهدف بشكل تام).

- ❖ **الهدف:** الحبال والقضبان المعدنية العالية الصلابة سماكة حتى ٢٠ سنتم.
- ❖ ويظهر في الصورة المقابلة رسم لمقطع عرضي وطولي وجانبي للحشوة



العوامل المؤثرة على حساب الحشوات: إن كمية المواد المتفجرة المستخدمة في أي عملية تدمير تحدد بمعادلات حسابية تستند إلى عوامل الحسم التالية:

١. **نوع وصلابة الهدف:** قد يكون الهدف المراد تدميره مبني من الخشب، الحديد، الإسمنت أو أي مواد أخرى. وقد يكون الإسمنت مقوى بالحديد، مما يزيد من صلابته.

٢. **حجم وشكل الهدف:** تؤثر هذه الخصائص على نوع وكمية المتفجرات اللازمة. فمثلاً الأهداف العريضة أو الأهداف المشكلة (عوارض الحديد) تكون عملية تدميرها إقتصادية أكثر إذا دمرت بعدة حشوات موزعة على الهدف من تدميرها بحشوة واحدة مركزة.

٣. **التأثيرات التدميرية المطلوبة:** يجب مراعاة الغرض من عملية التدمير: قص – حفر – تدمير...كما تراعى التأثيرات الأخرى المطلوبة فمثلاً: الإتجاه المطلوب إسقاط الأشجار غليه لإنشاء حاجز من الأشجار.

٤. **نوع المادة المتفجرة:** إن الخصاص العملية لكل نوع من المتفجرات تجعل بعض هذه المواد ملائمة لبعض عمليات التدمير أكثر من غيرها من المواد، وتحدد إمكانية استعمالها لتحقيق غرض التدمير.

٥. **حجم وشكل الحشوة:** بغض النظرعن تقنايت وضع الحشوة. تكون الحشوة الخارجية مستطيلة الشكل بحيث تكون نسبة السماكة إلى العرض ١:٣

عرض الحشوة = ٣ مرات سماكة الحشوة

بشكل عام:

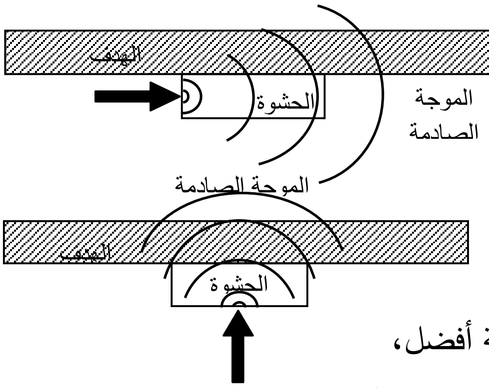
وزن الحشوة / كلغ	سماكة / سنتم
أقل من ٢,٥	أقل من ٢,٥
٢,٥ – ٢٠	٥
٢٠ – وما فوق	١٠

٦. **طريقة وضع الحشوة:**

❖ يجب أن توضع الحشوات في المكان الذي يؤمن الفعالية القصوى. لإنشاء حفر، توضع الحشوات في ثقوب داخل الأرض. لتحطيم وتكسير الحجارة والإسمنت، توضع الحشوات في مكان مناسب على السطح أو في ثقوب. لقطع الخشب تثبت على الجهة الخارجية أو توضع داخل ثقوب.

❖ تثبت الحشوات الخارجية على الهدف بواسطة أسلاك، حبال، غراء، أوشريط لاصق... أو تسند مقابل الهدف بلوح أو سنادات خشبية أو معدنية مأخوذة من الركام أو أي مواد أخرى متوفرة. أو توضع الحشوات داخل ثقوب وحفر.

٧. **طريقة الدك**: يولد الإنفجار ضغطاً عالياً في جميع الاتجاهات. إذا لم تحصر الحشوة بشكل كامل ومتساوي من جميع الجهات، تتسرب قوة الإنفجار من خلال نقاط الضعف وتخسر جزءٍ من قوة التدمير. لحجز أكبر كمية ممكنة من قوة الإنفجار على الهدف، ترص المواد حول الحشوة لتعبئة أي حيز فارغ. هذه المواد تسمى "مواد الدك" والعملية تسمى "الدك". تعتبر أكياس الرمل والتراب من مواد الدك الأكثر شيوعاً. بالمقابل، تدك الحشوة الداخلية برص المواد في الثقب حول وفوق الحشوة.



٨. **إتجاه الصعق**: يؤثر اتجاه الموجة الإنفجارية على سرعة وكمية الطاقة المنقولة إلى الهدف. فإذا انتقلت الموجة الإنفجارية بشكل موازٍ لسطح الهدف، تنقل الموجة طاقة أقل مما إذا كان اتجاه الصعق عمودي على الهدف. لنتيجة أفضل، تصعق الحشوة عند مركز السطح المقابل للسطح الملامس للهدف.

اختيار الحشوة وحسابها:

أ. **اختيار الحشوة**: إن عملية اختيار المواد المتفجرة لعمليات التدمير هي عملية موازنة بين عوامل الحسم السابقة (نوع الهدف، حجم الحشوة، الدك...)، المميزات العملية للمواد المتفجرة (الحساسية، الفاعلية، التأثر بالحرارة والرطوبة...) والمتطلبات التقنية للعملية (التجهيزات، العناصر المتوفرة، الوقت المتاح لإنجاز العملية...).

ب. **حساب الحشوة**: تتبع الإجراءات التالية لتحديد وزن الحشوة المطلوب من الـ TNT لمهمة التدمير بالباوند:

١. حدد قياسات الهدف.

٢. إحسب وزن الحشوة الواحدة من الـ TNT باستخدام معادلة التدمير المناسبة. إذا كانت المادة المستعملة من الـ TNT إنتقل إلى الخطوة (٤).

٣. إذا لم تكن المادة من الـ TNT:

كمية المتفجرات الأخرى = كمية المتفجرات من الـ TNT (٢) / معامل التحويل (RE)

المادة المتفجرة	*RE*
TNT	١
C4	١,٣٥
نيترات الأمونيوم	٠,٤٢
ديناميت	٠,٩٢

٤. إحسب عدد الألواح من المتفجرات للحشوة الواحدة: (يمكن الاستغناء عن هذه الخطوة)
عدد الألواح = وزن الحشوة / وزن اللوح من المادة المتفجرة المختارة

يختار الرقم الصحيح الأعلى.

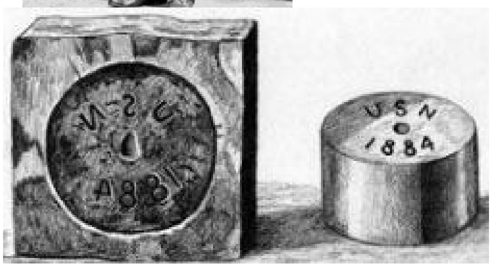
٥. إحسب عدد الحشوات اللازم لتدمير الهدف.

٦. إحسب الكمية الكلية من المتفجرات المطلوبة لتدمير الهدف:

الكمية الكلية = عدد الحشوات (٥) × وزن الحشوة الواحدة (٢)

الحشوة الجوفاء

الحشوة الجوفاء من أهم الحشوات المستخدمة لأغراض مخصوصة إذ أنها تستخدم لخرق الدروع، وتكمن أهميتها في توفيرها للمادة المتفجرة، وفي ذات الوقت فإنها إذا وجهت إلى هدف يراد ضربه وإحداث أثر فيه فإنها تؤثر عليه تأثيرًا كبيرًا.

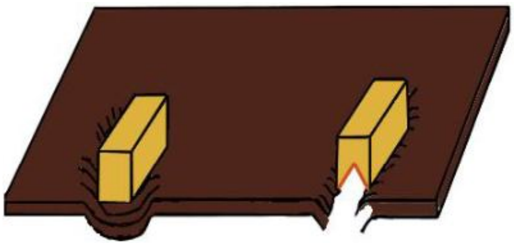


تعريف الحشوة الجوفاء:

هي حشوة خاصة مشكلة ذات تجويف، يتم تفجيرها بملاصقة جسم معدني أو من الجدران المسلحة، فتحدث فيهخروقاً أعمق من الخروق التي تحدثها حشوة عادية مركزة مماثلة لها في الوزن.

الحشوة الجوفاء (Charge Creuse) تعمل وفق ظاهرة الحشوة الجوفاء ظاهرة مونرو أو ظاهرة (نيومان) أو ظاهرة (مونرو _ نيومان) ولقد عرفت هذه الخاصية منذ العام ١٧٩٢ حيث عرفت بعض تطبيقاتها في المناجم، ولكن أحدًا لم يكن يعرف آنذاك تفسير السبب الذي يجعل للحشوات الجوفاء تأثيرًا أكبر من تأثير الحشوات المركزة العادية، وترجع أول إشارة إلى أهمية استخدام الحشوات الجوفاء إلى عام ١٨٨٣ دون إيجاد تفسير لها أيضا، وكان في العام ١٨٨٧ بداية العمل الجدي في هذا امجال، فقد لاحظ البروفسور الأمريكي تشارلز مونرو، أثناء عمله في مركز الطوربيد الأمريكي في مدينة نيويورك، عندما فجر قالباً من البارود القطني على سطح درع معدني سميك أن أحرف ١٨٨٤ (U.S.N) وهي ترمز إلى اسم صانع القالب المتفجر والى سنة الصنع وكانت محفورة على سطح القالب الملامس للدرع، وقد انطبعت على سطح الدرع، ولم يجد مونرو سوى تفسير واحد لهذه الظاهرة، هو أن القالب المتفجر لم يلامس الدرع المعدني بالكامل، لأن الأحرف المحفورة فيه سببت وجود فراغات هوائية صغيرة بين سطحي القالب والدرع، ولاختبار دقة هذا التفسير أجرى مونرو تجربة أخرى استخدم فيها حزمة من أصابع الديناميت ربطها بإحكام بعد أن سحب الأصبع الموجودة في وسطها إلى الخلف مسافة إنش تقريبا، وعندما فجر الحزمة بملامسة خزنة معدنية أحدثت فيها ثقباً، وبعد أن تأكد مونرو من اكتشافه قام في العام ١٨٨٨ بكتابه بعض المقالات حوله .منذ ذلك الحين أطلق البعض على هذا الاكتشاف اسم(ظاهرة مونرو) وتم الإجماع على أن ما يحدث في الحشوة المشكلة وفق هذا المبدأ هو عملية تركيز لموجة الانفجار الرئيسية داخل التجويف في نقطة واحدة (بؤرة) ينتج عنها الخرق.

ولم يؤد انتشار المعلومات عن ظاهرة مونرو إلى استخدامها في التطبيقات العملية، بل كادت أن تنسى لولا أن جاء الألماني نيومان وأعاد اكتشاف هذه الظاهرة في العام ١٩١٠ ، ربما دون علمه بتوصل مونرو إلى هذا الاكتشاف، إلى درجة انه نسبه إلى نفسه، حيث اكتشف ان TNT لو وضع على شكل مخروطي يمكنه اختراق الحديد بشكل أفضل عما لو كان بلوك مستطيل وكما يظهر في الصورة عندما وضع بلوك مستطيل وتم تفجيره أثر بانبعاج في الحديد فقط اما عند وضع بلوك على هيئة مخروط فتم تقطيع الحديد ، وقد سجل اكتشاف نيومان في ألمانيا عام ١٩١٠ وبريطانيا عام ١٩١١ من قبل مؤسسة ألمانية (شركة وستفاليا المساهمة للمتفجرات) وكان سبب اهتمام المؤسسة بهذه الظاهرة هو أنها كانت تسعى إلى تصنيع متفجرات يمكن استخدامها داخل المناجم بأمان، وقد تمكنت هذه المؤسسة من تسجيل براءتي اختراع لنوعين من الحشوات المشكلة لاستعمالها داخل المناجم التي تستخرج منها الخامات في إحداث ثقوب في الصخور تمهيدًا لنسفها بدلا من مثقاب الصخور الآلي، وهكذا بدأ استخدام الحشوات المشكلة للأغراض المدنية.



وترجع أقدم إشارة إلى تطبيق المبدأ لأغراض عسكرية إلى العام ١٩٢١ ، في هذا العام وصفت بعض المراجع الألمانية حشوات جوفاء تشبه شكل القلنسوة وتتابع بعد ذلك اهتمام الخبراء العسكريين في مختلف الدول بتطبيق مبدأ الحشوة الجوفاء للأغراض الحربية فروسيا عام ١٩٢٥ و ايطاليا عام ١٩٣٢وفي العام ١٩٣٥ اقترحت في ألمانيا فكرة تطبيق المبدأ في صناعة الذخائر الحربية وخصوصا الألغام.

وكان الألمان أول من أدخل استعمال الحشوات الجوفاء خلال الحرب الأهلية الاسبانية ١٩٣٦ وفي العام ١٩٣٩ طور الألمان اللغم المغناطيسي المضاد للدبابات وكان هذا اللغم الذي يحتوي على حشوة جوفاء يلصق على الدبابات باليد وينفجر بواسطة صمام توقيت، كما صمم الألمان سلاح)البانزر فاوست (وهو عبارة عن قذيفة ذات حشوة جوفاء مشكلة تطلق بواسطة قاذف أنبوبي حديدي مفتوح الطرفين مستخدمة مبدأ المدفع عديم الارتداد، وتحفظ توازنها أثناء الانطلاق زعانف مثبتة في ذيلها.

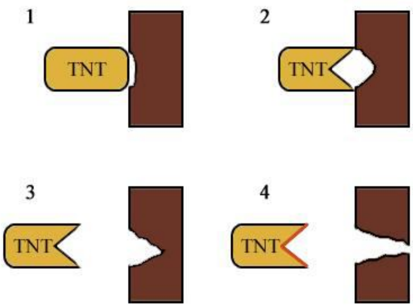
وفي أثناء الحرب العالمية الثانية استخدمت الدول المتحاربة تطبيقات المبدأ المذكور في صناعة العديد من الأسلحة والذخائر، فقد استخدم الألمان قذائف للمدفعية وقنابل للطائرات، وقنابل يدوية وصواريخ وجميعها تحوي حشوات جوفاء مشكلة، واستخدم الروس عدة أنواع من قنابل المدفعية ذات الحشوات الجوفاء المشكلة، وطور اليابانيون حشوة مشكلة (لغم لنغ) كانوا يثبتونها في رأس

عمود خشبي طويل يحمله جندي مكلف بمهاجمة الدبابة برأس العمود، كما استخدموا قذائف مدفعية متنوعة مصنوعة وفق مبدأ الحشوات الجوفاء المشكلة، وطور البريطانيون نوعين من القنابل هما: (قنابل بيات – Piat Bombs – وبي هايف Bee – Hive) وفق المبدأ نفسه، وطور الأمريكيون أسلحة مشابهة من بينها حشوات خاصة للتخريب، وألغام بحرية.

وبالرغم من أن ظاهرة الحشوات الجوفاء (الُشكّلة) كانت معروفة منذ العام ١٧٩٢ ، الا أن التطور الكبير الهام الذي أضاف إلى الحشوات الجوفاء مقدرة كبيرة على الاختراق لم يتم الا قبيل نشوب الحرب العالمية الثانية، فقد اكتشف أنه إذا أضيف إلى الحشوة بطانة معدنية تبطن السطح المجوف، فإن مقدرة الحشوة على الاختراق تتضاعف لتصل إلى أربعة أضعاف مقدار الاختراق الذي يمكن الحصول علية بتفجير الحشوة غير المبطنة ببطانة معدنية.

ويرجع البعض فضل هذا الاكتشاف إلى البروفسور الأمريكي وودWood من جامعة جونز هبكتر الذي كان أول من اكتشف في سنة ١٩٣٦ بأن تبطين الحشوة الجوفاء ببطانة معدنية من شأنه أن يعطي جزيئات معدنية أو (نفث) مكون من المعدن والغازات الناتجة عن الانفجار يسير بسرعة عالية، ولكن هناك من يؤكد بأن الحشوات المبطنة استخدمت في المناجم الألمانية فبل العام ١٩٣٦

حيث انه في عام ١٩٣٥م قام المهندس السويسري هنري موهابت بالعمل على أسلحة مضادة للدروع تستخدم للمشاة وتوصل عام ١٩٣٩م الي استخدام معدن كبطانة لعبوة الخرق وتوصل ايضا الي مسافة المباعدة اللازمة لملية الانفجار وتسمى بالانجليزية STAND-OFF DISTANCE وقام موهوبت بعدها بتصميم قذيفتين خارقتين لمدفعي الهاوتزر عيار ٧٥ مم و ١٠٥ مم والقنبلة اليدوية الخارقة للدروع M9 وقذيفة خارقة للدروع تطلق بواسطة بندقية عادية كما هو الحال بالنسبة للانيرجا وفي عام ١٩٤٠ توجه السويسري المذكور لأمريكا وبلغهم بالاكتشاف وبدءوا بعمل أول سلاح مضاد للدروع يعمل على المفاهيم السابقة وهو البازوكا الصاروخي الخارق للدروع وفي عام ١٩٤١ صمم الامريكان الصاروخ المعروف باسم بازوكا واستخدم في الحرب ضد الالمان بكثرة والذي استعمل لأول مرة في أوائل ١٩٤٣ في شمال أفريقيا.



والتجارب التي قام بها المذكور كما بالصور وهي تفجير اسطوانة من مادة TNTضد قطعة حديد صلبة ومن ثم تفجير اسطوانة فيها تجويف بدون

مسافة ومن ثم تفجير أخرى بمسافة لتتشكل الموجة والاخيرة تفجير اسطوانة بتجويف ومبطنة بمعدن النحاس مع مسافة لتتشكل الموجة فتبين ان انفجار عبوة خرق موجهة ذات حجم معين من مادة متفجرة يساوي ١٠ أضعاف هذه المادة في عبوة غير موجهة . وهكذا فإن فضل تطوير الذخائر والأسلحة ذات الحشوة الجوفاء(الُشكّلة) المبطنة ببطانة معدنية يرجع إلى موهوبت، إلى الدرجة التي دعت البعض إلى اقتراح إطلاق اسم مبدأ موهوبت على هذاالتطوير الهام للحشوات المشكلة وإليه يرجع الفضل في حيازة القوات المسلحة الأمريكية للذخيرة والأسلحة ذات الحشوات الجوفاء المشكلة ذات البطانة المعدنية في وقت مبكر من نشوب الحرب العالمية الثانية في سنة ١٩٤٢ على وجه التحديد وإليه أيضا يرجع الفضل في تصميم أكثر الأسلحة المضادة للدروع فعالية وأجداها من الناحية العملية في ذلك الوقت، وهو سلاح البازوكا المضاد للدروع، ولقد كان الدافع إلى هذا الابتكار استنتاج منطقي وبسيط جدًا، وهو أنه إذا كانت ظاهرة مونرو تحدث عن طريق تركيز الموجة الانفجارية الرئيسية وتوجيهات في اتجاه واحد، فان من الواضح أن تأثيرها سوف يزداد إذا أمكن زيادة كثافة هذه الموجة الانفجارية هو إضافة بطانة معدنية تتحطم عند حدوث الانفجار، الأمر الذي سيجعل الموجة الانفجارية تحمل معها الجزيئات والغازات المتبقية من البطانة المعدنية فتزداد كثافتها وبالتالي مقدرتها على الاختراق.

وكانت بريطانيا تعمل عام ١٩٤٠ على انتاج أول عبوة خرق وبالفعل قامت بتصنيع اول قنبلة طلق من خلال كأس حديدي في مقدمة بندقية ولكن بدون مسافة المباعدة وتعتبر هي او سلاح يستخدم ضد الدروع وكانت تخترق ٥٠ ملم في الحديد وتحتوي على ١٥٦ جم من خليط البنتوليت وتنفجر عند اصطدامها بالدبابة

وأكبر عبوة خرق تم صناعتها في العالم كانت في الحرب العالمية الثانية على يد ألمانيا وكانت تسمى ميستيل وهي عبارة عن طائرة قاذفة المانية ضخمة

وتم تحويرها الي عبوة ضخمة تحتوي على ١٧٢٠كجم متفجرات وكانت تخترق ٧م في الحديد و ٢١ م في الباطون المسلح ، وقطر المخروط فيها ٢م وسمكه ٣٠ ملم وزاويته ١٢٠ درجة.

ولقد أقبلت الدول على الاستفادة من مبدأ الحشوة الجوفاء في الصناعة الحربية، نظرًا لأنه يؤمن المزايا العسكرية التالية:

١. التوفير في المتفجرات المستخدمة في قطع الجسور المعدنية وخرق أبواب وجدران التحصينات.

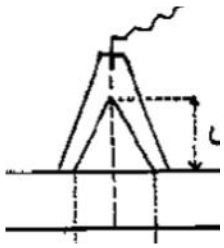
٢. التوفير في وزن المتفجرات اللازمة لخرق الدبابات والعربات المدرعة، الأمر الذي يؤدي بالتالي إلى تخفيف وزن الحشوة الدافعة للقذائف وتخفيف وزن السلاح القاذف بشكل ينقص سعره ويزيد قدرته على المناورة.

٣. إيجاد سلاح خفيف ورخيص وقادر على مجابهة الدبابات وتدمير دروعها المتزايدة السماكة.

٤. إيجاد وسيلة سريعة ورخيصة لفتح ثغرات في جدران الأبنية والتحصينات أو في ركائز ومتكآت الجسور بغية وضع حشوة المتفجرات فيها بدلا من فتح هذه الثغرات بالمثقاب الآلي.

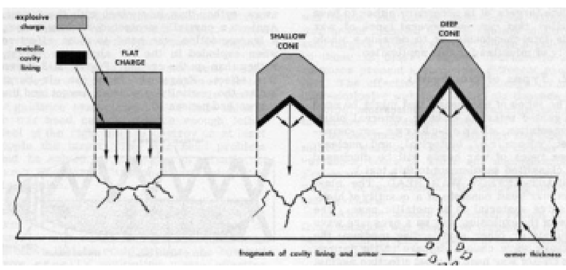
ومن التطبيقات العسكرية للحشوة الجوفاء :قنابل القواذف الصاروخية المضادة للدبابات، وقنابل المدافع عديمة الارتداد المضادة للدبابات، والقنابل البندقية المضادة للدبابات والقنابل اليدوية المضادة للدبابات والحشوات الخاصة المستخدمة لتدمير التحصينات المسلحة والحشوات الخاصة المستخدمة لقطع العوارض المعدنية في الجسور المعدنية، والحشوات الخاصة بفتح الثقوب في الجدران أو في ركائز الجسور ومتكآتها ، والصواريخ الموجهة المضادة للدبابات بنوعيها (أرض أرض، جو _ أرض).

تأثير البطانة المعدنية :



إذا قارنا بين تأثير حشوتين من نوع الحشوات الجوفاء إحداهما مبطنة والأخرى بدون بطانة معدنية، فإننا نلاحظ ما يلي:

أ .إذا كانت الحشوتان عل اتصال مباشر بالهدف أي في حالة انعدام المسافة التي تفصل بين الهدف وقاعدة التجويف فإنهما تعطيان التأثير نفسه.



ب .أما إذا كانت الحشوتان المذكورتان على مسافة مناسبة من الهدف، فإن تأثير الحشوة غير المبطنة يكون أقل بكثير من تأثير الحشوة المبطنة.

ولقد بدأ الاهتمام من العام ١٩٤٢ بدراسة وتفسير ما يحدث للبطانة المعدنية المستخدمة في الحشوة الجوفاء منذ اللحظة التي تصطدم فيها القذيفة الحاملة للحشوة حتى حدوث عملية الخرق، وكانت العقبة أمام هذا التفسير آنذاك هي افتقار العلم إلى وسيلة مناسبة تمكن من ملاحظة ما يحدث بالضبط، إلى أن تمكن العلماء في بريطانيا وأمريكا من تطبيق استخدام التصوير بالأشعة

لهذا الغرض، وفي أعقاب ذلك أعلن بركهوف في الولايات المتحدة الأمريكية، عن نظريته التي تقول :بأن عملية تحطيم البطانة المعدنية يجب أن تفهم في ضوء قوانين حركة الموائع Hydrodynamic Theory of Fluid Flow وفي الوقت نفسه توصل فريق من العلماء البريطانيين المهتمين بهذه المسألة إلى نتائج مماثلة لتلك التي توصل إليها العلماء في الولايات المتحدة وبالاعتماد أيضاً على صور الأشعة وقد حصلوا عليها في وقت سابق لتلك التي تم الحصول عليها في الولايات المتحدة، ولا يرجع فضل السبق في هذا المجال للأميركيين، حيث أن النظرية المقبولة حاليا لتحطيم البطانة المعدنية Hydrodynamic Theory of Detonation وضعها العالم البريطاني شايلور دون الاعتماد على نتائج البحوث الأمريكية.

ولتوضيح ميكانيكية تحطم البطانة المعدنية في الحشوة الجوفاء يمكن القول أن ميكانيكية انفجار الحشوة الجوفاء تتمثل في تحطم البطانة المعدنية نتيجة لوقوع الموجة الانفجارية على جدران المخروط وما يعقب ذلك من تركيز لموجة الضغط، فإذا كانت المسافة بين قاعدة التجويف والهدف هي المسافة المثل المطلوبة، فستكون النتيجة عند حدوث الانفجار تحطم البطانة المعدنية بالكامل قبل أن تصل موجة الضغط إلى الهدف.

أما ميكانيكية تحطم البطانة المعدنية، كما وصفها بركهوف فهي :عند انفجار الصاعق تنتج موجة انفجارية تتقدم خلال المادة المتفجرة، وبوصولها إلى قمة المخروط المعدني الرقيق الجدار (البطانة المعدنية) تحدث فجأةضغطاً عالياً جدًا على الجدار الخارج للمخروط مسببة تحطم جداره وتحرك معدنه إلى الداخل في اتجاه المركز بسرعة عالية جدًا، ويحتفظ المعدن المتحرك بالشكل المخروطي مع تقدم قمة المخروط على طول محوره إلى الأمام، ويلي قمة المخروط المتقدمة كتلة متكونة من معدن الجدار الخارجي للمخروط المتحطم بالكامل أما معدن الجدار الداخل للمخروط فإنه يكون نفثاً يبرز من القمة الداخلية للمخروط ويندفع بسرعة عالية على طول المحور الأمام وهكذا <u>**فإن معدن البطانة المخروطية ينقسم إلى قسمين:**</u>

- ❖ معدن الجدار الخارجي :ويتشكل في هيئة كتلة تندفع إلى الإمام بسرعة بطيئة نسبيا (حوالي ٥٠٠-١٠٠٠ متر/ ثانية)
- ❖ ومعدن الجدار الداخلي: ويكون عمودًا من النفث يندفع إلى الأمام على طول محور المخروط بسرعة عالية جدًا حوالي ٢٠٠٠-١٠,٠٠٠ م/ث و تصل إلى ١٥,٠٠٠ م/ث

إن العامل المسبب لخرق الهدف ليس الكتلة المتكونة من الجدار الخارجي للمخروط ولكنه عمود النفث المتكون من جدار المخروط الداخلي، إذ أن جزيئاته تحدثضغطاً عالياً جدًا على مادة الهدف، يقدر ب ٣ / ١ مليون ضغط جوي، وهذا الضغط يزيد إلى حد كبير جدًا عن مقاومة مادة الهدف، مما يتسبب في إزاحتها ودفعها أمام مسار عمود النفث وكأنها سائل لزج وينجم عن ذلك خرق يكون قطرهدائماً أكبر من قطر عمود النفث المسبب للخرق.

وسنتطرق لانواع العبوات بالتفصيل عند الحديث عن العبوات

وتقسم الحشوات الجوفاء العسكرية حسب استخدامها:

١ – **حشوات الاختراق :**

وتكون ذات شكل مخروطي أو خوذي أو نصف كروي أو قنيني، وتتألف كل حشوة مهما كان شكلها أو الغرض من استخدامها من المادة المتفجرة، جهاز الصعق، التجويف، بطانة التجويف المعدنية.

ومن تطبيقاتها العملية

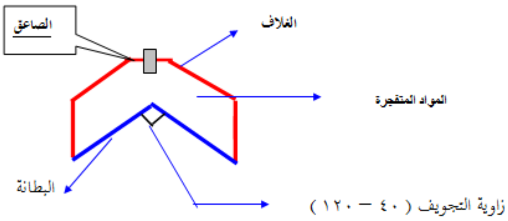
الحشوات المخروطية:

وهي عبارة عن شحنات متفجرة فيها تجويف مخروطي وتستعمل في الرؤوس الحربية المضادة للدروع وفي الألغام . ويختلف الشكل الخارجي من الأسطواني إلى أسطواني مع طرف مخروطي. بداية الانفجار تكون من الجهة المقابلة للتجويف المخروطي. تعطي هذه الحشوات عند انفجارها معدنا منصهرا يسير بسرعة عالية جدا (٨٠٠٠ م/ث) يستطيع اختراق سماكات كبيرة من التدريع (تصل إلى ١٠٠ سم) .

زاوية التجويف:

وهي الزاوية الداخلية للمخروط وتتراوح من ٤٠ و ١٢٠ درجة بحسب نوع العبوة. وبشكل عام كلما زادت زاوية التجويف تزيد سرعة النفث ولكن يقل وزنه.

البطانة:



ويكون غالبا من من مادة النحاس الصافي (الأحمر) وتستعمل مواد أخرى مثل الزجاج والألمنيوم وذلك بحسب نوعية المادة المتفجرة.وظيفة غطاء التجويف التحول إلى ذرات ثقيلة تسير مسرعة نحو الهدف بواسطة الضغط العالي والموجات الانفجارية الناتجة عن انفجار المواد المتفجرة . بشكل عام كلما زادت كثافة المعدن كلما زاد مدى الاختراق ، كذلك فإن درجة تماسك المعدن الذائب مع بعضه البعض يلعب دوراً رئيسياً في قدرة التاثير .

المواد المتفجرة :

تستعمل عادة المواد السريعة الانفجار وخلائطها في الحشوات الجوفاء ، ويستعمل عادة (RDX) والبتن وخلائطهما(مركب B ، C4). بشكل عام يمكن استعمال المواد المتفجرة ذات السرعات التي تفوق ٤٥٠٠ م /ث وهناك علاقة بين نوعية المواد المتفجرة ونوعية وسماكة غلاف التجويف .

المسافة الفاصلة المثلى :

وهي المسافة التي يكون تأثير العبوة الجوفاء عنها هو الاقصى . عند هذه المسافة يكون النفث المتشكل من غطاء التجويف قد أخذ شكله المثالي . استعمال الحشوات الجوفاء على مسافات اكبر او اقل من هذه المسافة يؤدي الى التقليل من فعاليتها . المسافة الفاصلة المثلى هي على مسافة ١ الى ١,٥ قطر الحشوة.

الغلاف الخارجي:

تؤثر سماكة الغلاف الخارجي على قدرة المواد المتفجرة فتزيد قدرتها مع ازدياد سماكة الغلاف الخارجي حتى حد معين (حوالي ١٠% من قطر العبوة إذا كان الغلاف من الفولاذ). وكلما زادت قدرة المواد ازدادت سرعة النفث. ولكن زيادة سماكة الغلاف يزيد من وزن الحشوة ككل.

نماذج عبوات مجوفة:

النوع	القطر	قدرة الخرق
ب٧ RBG	٨٠ ملم	٣٥ سنتم
١٠٦	١٠٦ ملم	٦٥ سنتم
١١٠	١١٠ ملم	٦٥ سنتم
لغم ١٢٠درجة	١٥٠ ملم	١٥ سم
لغم ١٢٠ درجة	٢٨٠	٢٥ سم

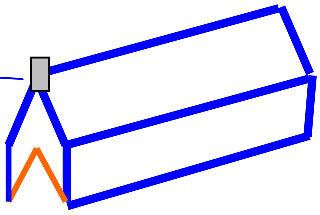
٢- <u>حشوات القطع :</u>

وتكون على شكل اسطوانة مجوفة، أو نصف متوازي مستطيلات مجوف.

ومن تطبيقاتها العملية

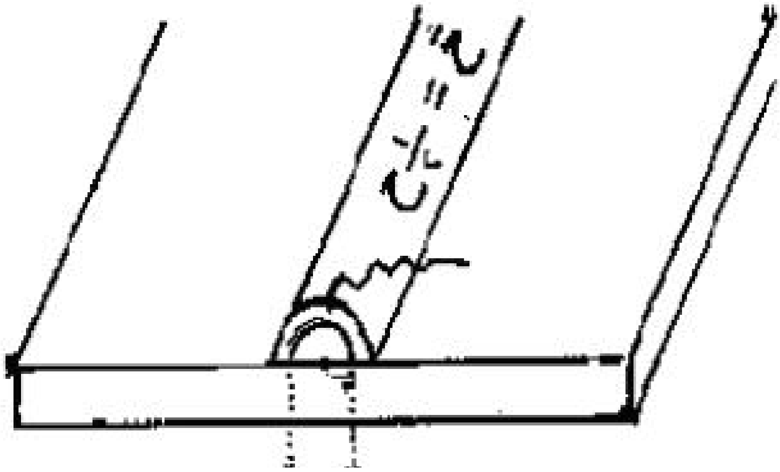
الحشوات الخطية (نصف متوازي مستطيلات) :

وهي عبارة عن عبوات مقطعها مماثل لمقطع الحشوة المخروطية . فعالية هذه الحشوات تقاس بسماكة الهدف التي يمكنها كسره . سماكة الهدف الذي يمكن لهذه الحشوات كسره هو ضعف عمق اختراقها للهدف . عند انفجارها تعطي نفث طولي . ويمكن تفصيل حشوات خطية بحسب شكل الهدف المراد كسره أو قطعه . ويتم وضع الصاعق في أعلى طرف هذه الحشوة .



الحشوات النصف اسطوانية الطولية

وهي كسابقتها وسنتطرق لقوانينها وكيفية تشكيلها في باب النسف والتخريب



حسابات الحشوة الجوفاء:

- **سماكة المادة المتفجرة:** 2 × إرتفاع القمع.
- **زاوية القمع:** 45° − 60° .
- **إرتفاع الحشوة عن الهدف:** 1.5× قطر القمع.
- بعد العبوة عن الهدف = ارتفاع المخروط اذا كانت زاويته ٩٠ درجة
- **التفجير:** عند رأس القمع مباشرة.

الخرق في الهدف = ٢ارتفاع المخروط

القانون:

R = ٠,٤٤٧ × S

B = ٠,٤٤٧ × S

B = I × ٢٢ ÷ ٧

زاوية رسم المخروط= I ÷ ٠,٠١٧٤٦ (عدد ثابت)÷ R.

حيث أن:

R: عمق المخروط (ارتفاع المخروط).

B: قطر المخروط.

I: محيط قاعدة المخروط.

S: سمك الهدف المراد خرقه.

D: بعد العبوة عن سطح الهدف المراد خرقه.

مثال: قطعة من الحديد سماكتها ١٧ سم، أوجد أبعاد المخروط ، وزاوية تشكيلها ؟

الحل:

نوجد قيمةR (ارتفاع المخروط).

R = ٠,٠٤٤٧× S.

R. = ١٧ × ٠,٠٤٤٧ = ٧,٥٩٩ تقَرب النتيجة إلى ٧,٦

ثم نوجد قيمة B قطر المخروط

B = ٠,٠٤٤٧ × S

B=. ١٧ سم × ٠,٠٤٤٧ = ٧,٥٩٩ تقَرب النتيجة إلى٧,٦

ثم نوجد قيمة I محيط قاعدة المخروط

I = B × ٢٢ ÷ ٧

I = ٧,٦ × ٢٢÷ ٧ = ٢٣,٨٨٥

إذاً ارتفاع المخروط = ٧,٦

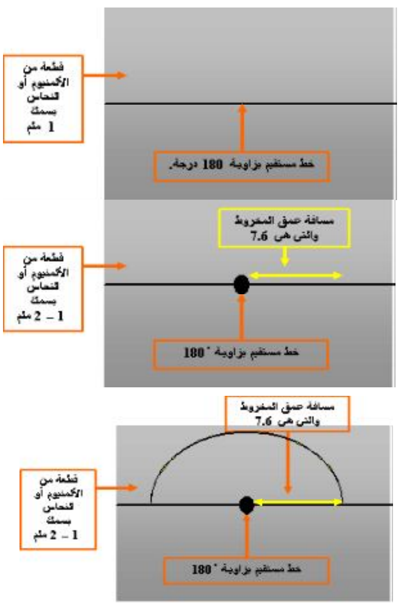
قطر المخروط = ٧,٦

محيط قاعدة المخروط = ٢٣,٨٨٥

بعد إيجاد المعطيات السابقة نقوم بتطبيق قانون زاوية رسم المخروط:

زاوية رسم المخروط = I ÷ ٠,٠١٧٤٦ ÷ R.

زاوية رسم المخروط =٢٣,٨٨٥÷ ٠,٠١٧٤٦÷ ٧,٦ =١٧٩,٩٩٧ تقَرب النتيجة إلى١٨٠ ْ.



طريقة صناعة المخروط:

بعد أن نحسب المحيط والأبعاد نقوم بالتالي:

١. نحضر قطعة من النحاس أو الألمونيوم التي نريد تشكيلها والأفضل أن تكون بسماكة لا تزيد عن ١ملم.

٢. نرسم خط مستقيم على القطعة بزاوية ١٨٠ ْ

٣. نضع نقطة في منتصف الخط، ثم نفتح الفرجار مسافة عمق المخروط والتي هي ٧,٥٩٩

٤. نثبت رأس الفرجار في منتصف الخط ، ثم نرسم نصف دائرة وتكون كما في الشكل التالي:

٥. نقص الشكل ثم نلف القطعة على شكل مخروط، فينتج قمع [مخروط] بقطر ٧,٦ وعمق ٧,٦

قانون حساب كمية المادة المتفجرة:

وزن المادة المتفجرة بالجرام = حجم الحشوة (سم) ÷ ٠,٦ (عدد ثابت).

علماً بأن حجم الحشوة(سم) = طول العبوة (سم) × عرضها(سم) × سماكتها(سم)

تنبيه: هذا القانون يستخدم لحساب وزن المادة المتفجرة في جميع الحشوات المكعبة، ويمكن استخدامه في الحشوات الجوفاء وذلك بجعل القطر مكان العرض والقطر مكان السماكة في القانون، مع الإحاطة بأن الناتج من المادة المتفجرة سيكون أكبر من الكمية المطلوبة بقليل، والفائدة من هذا القانون في الحشوات الجوفاء من باب التقريب فقط و الله أعلم.

ملاحظات:

١. حافظ على المسافة المحددة بين الهدف والحشوة حتى تضمن تأثيرًا قوياً ، لأنه كلما ابتعدت الحشوة عن الهدف أكثر من اللازم فإن الهواء الجوي يقوم بإضعاف موجة الضغط، وهكذا إذا كانت الحشوة قريبة من الهدف أكثر من الحد المطلوب والمحدد في القانون، فإن هذا القرب لا يساعد موجة الضغط على تجميع قوتها المطلوبة لإحداث الأثر التدميري المطلوب.

٢. ضع الصاعق خلف الحشوة مقابلاً لزاوية المخروط بحيث يشكل الصاعق مع الزاوية خط وهمي مستقيم، وإن لم تضعه بشكل صحيح فإن الموجة الانفجارية لن تعمل بشكل صحيح داخل الحشوة، وبالتالي فإن موجة الضغط ستضطرب في الخارج مما يؤدي إلى ضعف اختراق الهدف أو عدمه بالكلية.

٣. لا تزيد كمية المادة المتفجرة خلف المخروط عن الحد المطلوب وإلا فإن قوة موجة الضغط ستضطرب وتتشتت، وسيؤثر الاضطراب والتشتت على تدمير الهدف تأثرًا سلبياً ، وسيكون الانفجار انفجار حشوة مركزة ولن يكون انفجار حشوة جوفاء.

٤. لا تجعل الصاعق قريباً من زاوية القمع المخروطي بشكل كبير وذلك لمساعدة الموجة الانفجارية [موجة الصعق] من العمل بشكل كامل، وإلا فإن قرب الصاعق من زاوية القمع المخروطي سيؤدي إلى إضعاف تأثير الحشوة على الهدف.

٥. اجعل الجدار المحيط بالحشوة والغطاء الخلفي أسمك من جدار المخروط، وذلك لزيادة قوة موجة الضغط المنطلقة من القمع المخروطي مستفيدًا من خاصية الانعكاس.

٦. يجب أن تكون المادة المتفجرة متجانسة في جزيئاتها، ومتماسكة، وأن لا تكون متفككة أو مرتخية لتؤدي الغرض التدميري المطلوب.

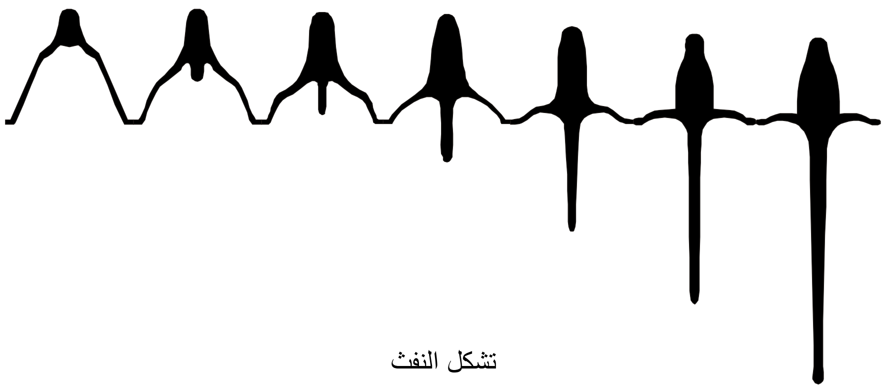
◆ **العومل المؤثرة في زيادة فاعلية الحشوة الجوفاء:** تتأثر فاعلية الحشوة الجوفاء أو قدرتها على الاختراق بالعوامل التالية:

أولاً : وجود البطانة المعدنية: إذا قارنا بين تأثير حشوتين من نوع الحشوات الجوفاء أحدهما مبطنة والأخرى بدون بطانة معدنية، فإننا نلاحظ ما يلي:

- ◆ إذا كانت الحشوتان على اتصال مباشر بالهدف (أي في حالة انعدام المسافة التي تفصل بين الهدف وقاعدة التجويف) فإنهما تعطيان التأثير نفسه.
- ◆ أما إذا كانت الحشوتان على مسافة مناسبة من الهدف، فإن تأثير الحشوة غير المبطنة يكون أقل بكثير من تأثير الحشوة المبطنة.

ولتوضيح ميكانيكية تحطم البطانة المعدنية في الحشوة الجوفاء يمكن القول إن ميكانيكية انفجار الحشوة الجوفاء تتمثل في تحطم البطانة المعدنية نتيجة لوقوع الموجة الانفجارية على جدران المخروط وما يعقب ذلك من تركيز للموجة الانفجارية. فإذا كانت المسافة بين قاعدة التجويف والهدف هي المسافة المثلى المطلوبة، فستكون النتيجة عند حدوث الانفجار تحطم البطانة المعدنية بالكامل قبل أن تصل الموجة الانفجارية إلى الهدف.

أما ميكانيكية تحطم البطانة المعدنية، فهي: عند انفجار الصاعق تنتج موجة انفجارية تتقدم خلال المادة المتفجرة، وبوصولها إلى قمة المخروط المعدني الرقيق الجدار (البطانة المعدنية)تحدث فجأة ضغطاً عالياً جداً عليه مسببة تحطم جداره الداخلي مكّوناً نفثاً يبرز من القمة الداخلية للمخروط ويندفع إلى الأمام على طول محور المخروط بسرعة عالية جداً (٨٠٠٠ –٩٠٠٠م/ث). تتابع الموجة سيرها على محيط المخروط المعدني، وبما أن كمية المادة المتفجرة تتناقص في هذه النقاط، فإن الطاقة التي تنتج تتناقص أيضاً وبالتالي تتناقص الطاقة التي يندفع فيها بقية المعدن المصهور. متشكلة بذلك كتلة تندفع إلى الأمام باتجاه المركز بسرعة بطيئة نسبياً (٥٠٠ – ١٠٠٠م/ث). ويحتفظ المعدن المتحرك بالشكل المخروطي مع تقدم قمة المخروط على طول محوره إلى الأمام. ويلي قمة المخروط المتقدمة كتلة مكونة من معدن الجدار الخارجي للمخروط المحطم بالكامل.

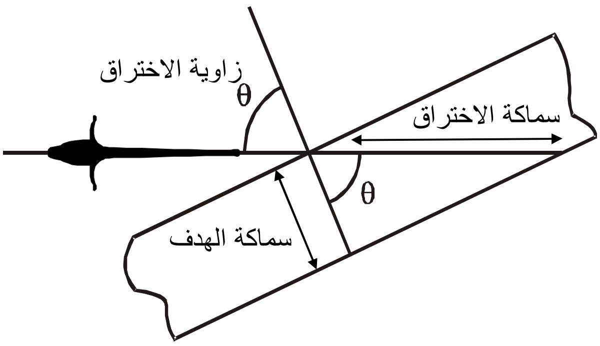


تشكل النفث

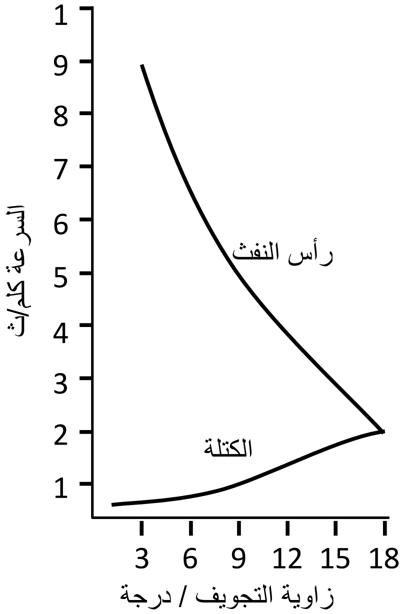
إن العامل المسبب لخرق الهدف ليس الكتلة المتكونة من الجدار الخارجي للمخروط ولكنه عمود النفث المتكون من جدار المخروط الداخلي، إذ أن جزيئاته تحدث ضغطاً عالياً على مادة الهدف.وهذا الضغط يزيد إلى حد كبير جداً عن مقاومة مادة الهدف، مما يسبب في إزاحتها ودفعها أمام مسار عمود النفث وكأنها سائل لزج. وينجم عن ذلك خرق يكون قطره دائماً أكبر من قطر عمود النفث المسبب للخرق.

ثانياً : مادة البطانة المعدنية: هناك علاقة بين مقدار الاختراق وبين مادة البطانة (سمك البطانة، كثافة المعدن، قابلية المعدن للسحب والطرق). فكلما زادت كثافة المعدن زاد الاختراق، وكلما زادت السماكة زاد الاختراق أيضاً ، ولكن إذا تجاوزت هذه السماكة مقداراً معيناً لأن ذلك لا يسبب زيادة تذكر في الاختراق إلى أن تبلغ السماكة حداً معيناً حرجاً تبدأ عندها قدرة الحشوة على الاختراق في النقصان. وكلما زادت قابلية معدن البطانة للسحب والطرق (النحاس الأحمر) كلما زادت قدرة الحشوة على الاختراق.

ثالثاً : نوع المادة المتفجرة: ينبغي أن تكون من المواد الشديدة الانفجار التي يمكن قولبتها.



رابعاً : المسافة بين قاعدة الحشوة وسطح الهدف: لكي تعطي الحشوة الجوفاء فعاليتها القصوى، يجب أن تكون هناك مسافة مناسبة تباعد قاعدة المخروط الحشوة عن سطح الهدف. ذلك لأن جزيئات عمود النفث هي العامل الفعال في عملية الاختراق، ولكي يعطى عمود النفث الوقت الكافي ليتكون ويمتد فلا بد من وجود مسافة التباعد المذكورة. وما ينطبق على نقصان مسافة التباعد المناسبة ينطبق أيضاً على زيادة هذه المسافة. فإن زيادتها عن الحد المطلوب تؤدي أيضاً إلى نقصان الاختراق، لأن عمود النفث سوف يخترق طبقة إضافية من الهواء، وهذا الاختراق سوف يكون على حساب سمك مماثل من معدن الهدف المراد اختراقه وبالتالي يقل الاختراق. وليست مسافة التباعد المثالية ثابتة، وإنما تختلف باختلاف المعدن الذي يستخدم في صنع البطانة، فلكل معدن مسافة تباعد مثالية خاصة به. ومن الممكن زيادة مسافة التباعد إلى حد كبير وذلك باختيار شكل مناسب لتجويف الحشوة المشكلة واستخدام بطانة معدنية ملائمة. وأهمية ذلك هو الوصول إلى تركيز بؤري كبير وتمكين عمود النفث من الإستطالة مع الاحتفاظ بفعاليته إلى مسافات كبيرة.

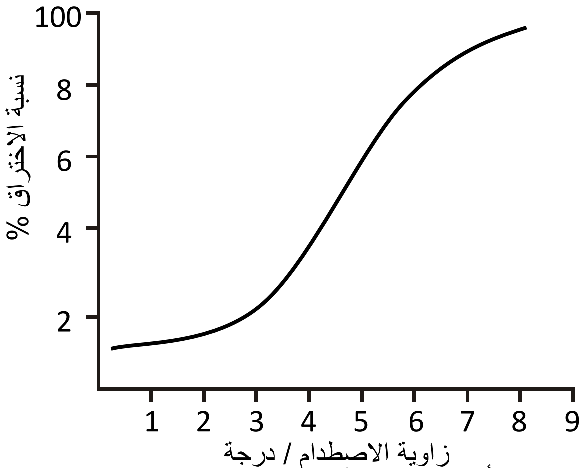


خامساً : زاويـة التجويـف: هنـاك علاقـة بـين مقـدار الاختـراق وبـين زوايـا تجـاويف الحشـوات وأنواعهـا المختلفـة. فالحشـوة نصـف الكرويـة تعطـي عمـق اختراق أقل، ولكن قطر الاختراق الذي تحدثه أكبر بالمقارنـة مـع الحشـوة المخروطيـة. والحشـوة القنينيـة تعطــي اختراقـا أكبــر مــن الحشــوات المخروطيــة البسـيطة أو نصـف كرويـة، حيـث ينشأ عمـود نفـث منشؤه الجزء الأسطواني للتجويف، يليه عمود النفث الأساسـي الناشـئ مـن التجويـف الأساسـي، ثـم يلـي ذلك كتلة هي عبارة عن الجزء الأساسي من مادة البطانة المحطمة.

العامل	هدف مدرع	هدف جوي
زاوية التجويف	$40^o - 60^o$	90^o +
قطر التجويف / ملم	125 mm	200 mm
مادة البطانة	*نحاس*	*ألمنيوم*
سماكة البطانة / ملم	2 mm	12 mm
نوع النفث	طويل + نحيل	قصير + عريض

إن سبب اختلاف القيم في الجدول أعلاه يرجع إلى أن الاشتباك مع الهدف الجوي يتم من مسافة تباعد كبيرة، وأن النفث القصير العريض، الناتج عن زاوية عريضة، يتحرك بشكل أفضل على هذه المسافة. كما أن هيكل الطائرات أقل سماكة بكثير من الأهداف المدرعة، وسهل الاختراق بهذا النوع من النفث. إن استخدام الألمنيوم للبطانة يزيد من التأثير الإحراقي في الأهداف الجوية، ولكنه أقل فاعلية كخارق للأهداف المدرعة.

سادساً : زاوية الاختراق: يتأثر النفث بشكل كبير بدرجة الانحراف بين خط الاختراق وزاوية سطح الهدف. وتعتبر الزاوية القائمة (٩٠ درجة) بين الحشوة والهدف هي الزاوية المثالية لضمان أقصى اختراق ممكن. وبما أن عمود النفث هو العامل الفعال في عملية الاختراق، فإن أي نقصان في زاوية الاختراق عن الحد المطلوب يؤدي أيضاً إلى نقصان الاختراق، لأن عمود النفث سوف يخترق مسافة إضافية من الهدف. كذلك إذا كانت العبوة ثابتة والهدف متحرك فالفترة الزمنية مابين تشكل النفث وحركة الهدف ستؤدي إلى حدوث إنحراف زاوي بين خط الاختراق والهدف.

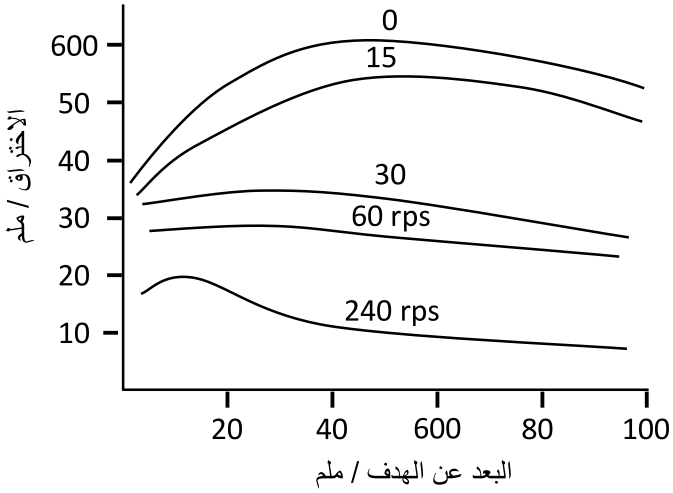


تأثير زاوية اصطدام النفث بالهدف

سابعاً : مركز الصاعق: إن اختيار مركز الصاعق في الحشوات الجوفاء عملية هامة. ذلك أن عملية الصعق يجب أن تضمن تسارعاً ذاتياً لانفجار الحشوة الرئيسية في اتجاه الموجة الانفجارية لكي يمكن إحداث أقصى اختراق ممكن للهدف. ويوضع الصاعق في حشوات القص والقطع والقصم المتطاولة خارج أحد طرفي الحشوة بشكل متعامد مع محورها، عندئذ تتحرك موجة الصعق من أحد طرفي الحشوة إلى الطرف الآخر. أما بالنسبة إلى الحشوات الخارقة الأخرى، فيتم وضع الصاعق في أعلاها بحيث تتحرك موجة الصعق نحو الأسفل من القمة إلى القاعدة.

ثامناً : تعبئة الحشوة: إن عدم تطابق محور تجويف الحشوة مع محور الحشوة نفسها، والتفاوت في سماكة البطانة المعدنية، ووجود طبقة غير كافية من المادة المتفجرة على قاعدة التجويف، ووجود فجوات أو نقاط قليلة الكثافة في الحشوة، كل هذه العوامل تؤثر بشكل سلبي على مقدار الاختراق.

تاسعاً : توزيع الحشوة: لدى تشكيل الحشوة يجب الانتباه إلى سرعة تحطم البطانة المعدنية عند الانفجار، ذلك أن تناقص سرعة تحطم البطانة يزيد مقدار الاختراق، ولكي يمكن إنقاص سرعة تحطم البطانة فإن من الضروري تقليل كمية المتفجرات في اتجاه تقدم الموجة الانفجارية.



عاشراً : الدوران: لدوران المقذوفات – التي تحتوي على حشوات جوفاء – حول نفسها تأثير سلبي على عملية الاختراق.نظراً لأن عمود النفث المتكون يميل إلى الانتشار. ويزداد هذا التأثير تدريجيا بازدياد سرعة الدوران. وما يحدث هو أن قطر الخرق يزيد بينما يقل عمق الاختراق.

حادي عشر: سرعة القذيفة: كرأس حربي مضاد للدروع، تعتبر الحشوة الجوفاء من أهمها. فسرعة الدفع العالية غير مطلوبة، فهي تقلل بسرعة مسافة التباعد، ثم إن سرعة الدفع المنخفضة تجعل الحشوة الجوفاء مثالية ومناسبة للقواذف القصيرة المدى والخفيفة الوزن التي يمكن للمشاة حملها واستخدامها ضد مدرعات العدو.

انطلاقات للتحكم في العبوات

العوامل المؤثرة على قوة الموجة الانفجارية :

تأثير الموجة الإنفجارية على المحيط :

إن التأثيرات التي يعانيها وسط مقاوم عندما تعمل فيه المتفجرات هي التفتيت و النزع والقذف. وهي نتيجة تأثير ضغط الغازات وضغط الصدمة التي تتولد عن الموجة الإنفجارية.

فالغازات الناتجة عن الإنفجار تتمدد بسرعة كبيرة بتأثير الحرارة العالية المرافقة لها ، ونظراً للوقت القصير الذي يتم فيه التمدد فإن الغازات تندفع في جميع الإتجاهات بضغط كبير مسببة صدمة قوية مفاجأة لذرات الوسط المجاور .

بالإضافة إلى تأثير ضغط الغازات ، فإن ضغط الموجة الإنفجارية يكسبان ذرات الوسط المحيط سرعة إبتدائية كبيرة ينتج عنها إنفصال الذرات مسببة التخريب.

إن التأثير التدميري الكبير للإنفجار تحت الماء ناتج من جهة عن إنتقال جزيئات الماء من جراء التولد العنيف للغاز تحت ضغط عال ومن جهة أخرى تحت تأثير ضغط الموجة الإنفجارية . ويقدر الضغط في الماء عشرات المرات عنه في الهواء على نفس المسافة وذلك نتيجة عدم قابلية الماء للإنضغاط.

العوامل المؤثرة في قوة الموجة الانفجارية وسبل توظيفها :

حيث أن هناك عدة عوامل تتعلق بزيادة قوة الموجة الانفجارية

أولا : التأثير على الشروط الابتدائية .

ثانيا : التحكم بشروط العبوة وظروفها الخارجية (الوسط–الهدف) .

أولا : التأثير على الشروط الابتدائية :

إذا أثرنا على الشروط الإبتدائية (حرارة، الضغط، التركيز...) أمكننا توجيه الإجراء حسب رغبتنا معدلين سيره بشكل ينتج معه إحتراق أو إنفجار وبخصائص مختلفة وقد تحدثنا عنها سابقا

١. النسبة المئوية للمكونات في الخليط :

إن التركيب الكمي للخلائط المتفجرة هو عامل يؤثر في سرعة التفاعل (غاز الميتان والهواء في المناجم مثلا). فعندما تكون جزيئات الوقود منتشرة ومفصولة بالعديد من الجزيئات الأخرى عن الأكسيجين فإن الإحتراق أو الإنفجار لا يمكن أن ينتشر إلا بصعوبة كبيرة وببطء يستحيل معه تشكل الموجة الإنفجارية. أما إذا كانت جزيئات الوقود كثيرة جداً فإن جزيئات الأكسجين تكون بعيدة بعضها عن بعض ويكون الإحتراق بالتالي بطيئاً وغير تام لنقص في الأكسجين الملامس مباشرة لأغلب جزيئات الوقود.

لذلك لا يمكن أن يتم إنتشار الإحتراق بسرعة إلا إذا كان عدد جزيئات الوقود والأكسجين كافياً بحيث يتم الاحتراق دونما تأخير.

٢. درجة الحرارة :

تزداد سرعة الإحتراق بازدياد درجة الحرارة (الدرجة التي يجب أن نرفع إليها المادة المتفجرة كي تنفجر) حيث تتضاعف السرعة تقريباً كلما ازدادت درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات مئوية.

تحترق أكثر المواد المتفجرة عندما تتعرض لمؤثر حراري (اللهب – التسخين...).

وتتغير سرعة الإحتراق بتغير الضغط فكل ازدياد في الضغط يؤدي إلى ازدياد في تدفق الحرارة و بالتالي إلى زيادة سرعة الإحتراق.

فالمواد الدافعة تحترق في الهواء بسرعة ٥ ملم/ث ولكن عندما يزداد الضغط في غرفة الإحتراق لأي سلاح (خرطوشة – مدفع – صاروخ ...) فإن السرعة قد تصل إلى ٤٠٠ ملم/ث.

كذلك الأمر عندما تحترق مادة متفجرة في وعاء محكم الإغلاق فإن الغازات الناتجة لا تستطيع التسرب بسهولة مما يؤدي إلى إرتفاع مفاجئ في الضغط يرفع من سرعة الإحتراق إلى ما فوق سرعة الصوت الأمر الذي يؤدي إلى حدوث الإنفجار كما في عبوة الكوع مثلا.

٣. الضغط :

تؤثر قيمة الضغط في مجرى التفاعل بشكل مماثل لتأثير درجة الحرارة، فإذا ما ازداد الضغط إلى حد معين ازدادت سرعة التفاعل بحيث يمكن للإشتعال أن يتحول إلى إنفجار ، والإنفجار يزداد عنفا لا سيما في المتفجرات الشعبية ضعيفة الحساسية عند زيادة الضغط.

٤. كثافة المادة المتفجرة :

تؤثر كثافة المادة المتفجرة في سرعة إنتشار التفاعل حيث تكون السرعة التي يتطور فيها التفاعل أكبر بكثير في المركبات الكيميائية منها في الخلائط الفيزيائية . إذ أن ذرات الأولى هي أقرب بعضها إلى بعض منها في الثانية.

٥. كثافة الشحنة :

هي العلاقة الكائنة بين المادة المتفجرة وحجم الحيز الذي يتم فيه التفاعل، وتزداد ضغوط التفاعل وسرعته بازدياد كثافة الشحنة ونلحظ ذلك جليا في المتفجرات الدافعة حيث يمكن للإحتراق أن يتحول إلى إنفجار والمواد الضعيفة الحساسية تزداد قوة في تأثيرها.

٦. الكابح :

وهو كل عائق أو صعوبة يجابه بها الحيز الذي تتم فيه العملية الإنفجارية – الغازات الناتجة من الإنفجار – مانعاً إنتشاره. فالكابح إذا تابع لطبيعة الوعاء ولإحكام إغلاقه. ففي حيز جيد الإحكام وذي خواص مميزة ملائمة تحول دون تحطيمه قبل التحول الكلي للمادة المتفجرة إلى غاز يزداد الضغط بتقدم العملية الإنفجارية ولما كانت السرعة تابعة للضغط فإن ما يبدأ كاحتراق يمكن أن ينتهي كإنفجار.

ولا تستلزم جميع المواد المتفجرة الكابح نفسه فبعضها يكتفي بالهواء الذي يحيط به (ت.ن.ت) والبعض الآخر يتطلب عائق أكبر (البارود).

٧. المنشطات أو المحرضات :

وهي المواد التي تؤثر سلباً أو إيجاباً في سرعة التفاعل الإنفجاري فمثلا الصاعق الضعيف يؤدي إلى ضعف الإنفجار للمادة المتفجرة الرئيسية .

ثانيا : التحكم بشروط العبوة وظروفها الخارجية (الوسط-الهدف) .

❖ او سنركز الحديث عن العومل المؤثرة في زيادة فاعلية الحشوة الجوفاء والحشوات الأخرى والعبوات وكيف نستفيد من العوامل لزيادة تأثيرها :

سنختصر الحديث وسنجمل الحديث عن الحشوة الجوفاء والعبوات الأخرى بشكل عام ونقول بداية انه يلزمنا بشكل عام ان نستفيد من كل عامل نستطيع عن طريقه زيادة فاعلية العبوات وعندما نتكلم عن الحشوة الجوفاء فهذا يعني لنا خرق او اقطع فاي عامل يزيد في الخرق يلزمنا في صناعة العبوة والاستفادة منها

فسنركز حديثنا على الحشوة الجوفاء وباقي الحشوات والعبوات كيف نزيد من تأثيرها ونتحكم بها داخليا وملائمتها لظروفها الخارجية (الوسط والهدف) فتتأثر فاعلية الحشوة الجوفاء والعبوات الاخرى بالعوامل التالية وهي مكوناتها وما يحيط بها:

فعندما نطلق كلمة العبوة فإننا نقصد كل مكوناتها والتي تشمل :

١- البطانة ونوعها وشكلها وزاويتها وسماكتها
٢- نوع المادة المتفجرة
٣- تثبيت العبوة و المسافة بين قاعدة الحشوة وسطح الهدف
٤- تشكيل الحشوة
٥- الصاعق ونوعه والمواد المستخدمة فيه ومكان وجوده في العبوة
٦- تعبئة الحشوة
٧- توزيع الحشوة
٨- الدوران
٩- نوع الحشوة المساعدة او المنشطة وشكلها وكميتها
١٠- نوع الشظايا وحجمها وشكلها وكم طبقة منها
١١- الكابح نوعه وحالته وجمه وسماكته وشكله
١٢- توجيه العبوة
١٣- تمويه العبوة
١٤- المواد المساعدة
١٥- آلية التفجير

وجميعها لها تأثير مباشر على الموجة الإنفجارية سلبا أو إيجابا على قوة الموجة الإنفجارية بنسب مختلفة .

أولاً : البطانة ونوعها وشكلها وزاويتها وسماكتها :

❖ **البطانة** فهي المادة المستخدمة في تشكيل العبوة وتكون موضوعة في مقدمة العبوة باتجاه الهدف وملامسة للمادة المتفجرة ، وكلما كانت هذه البطانة مناسبة ومنسجمة مع قواعدها في العبوة كان لها التأثير الإيجابي على قوة الموجة الانفجارية . ووظيفتها أنها تتحول إلى معدن مصهور في عبوات الخرق مما يزيد من كثافة الغاز الناتج وبالتالي يزداد تأثيرها على الهدف . والى كتلة ضاربة في العبوات الصحنية أو العدسية **فإذا قارنا بين تأثير حشوتين من نوع الحشوات الجوفاء أحدهما مبطنة والأخرى بدون بطانة معدنية، فإننا نلاحظ ما يلي:**

- ♦ إذا كانت الحشوتان على إتصال مباشر بالهدف (أي في حالة إنعدام المسافة التي تفصل بين الهدف وقاعدة التجويف) فإنهما تعطيان التأثير نفسه.
- ♦ أما إذا كانت الحشوتان على مسافة مناسبة من الهدف، فإن تأثير الحشوة غير المبطنة يكون أقل بكثير من تأثير الحشوة المبطنة.

▪ ولتوضيح ميكانيكية تحطم البطانة المعدنية في الحشوة الجوفاء يمكن القول إن ميكانيكية إنفجار الحشوة الجوفاء تتمثل في تحطم البطانة المعدنية نتيجة لوقوع الموجة الإنفجارية على جدران المخروط وما يعقب ذلك من تركيز للموجة الإنفجارية. فإذا كانت المسافة بين قاعدة التجويف والهدف هي المسافة المثلى المطلوبة، فستكون النتيجة عند حدوث الإنفجار تحطم البطانة المعدنية بالكامل قبل أن تصل الموجة الإنفجارية إلى الهدف.

▪ أما ميكانيكية تحطم البطانة المعدنية، فهي: عند إنفجار الصاعق تنتج موجة إنفجارية تتقدم خلال المادة المتفجرة، وبوصولها إلى قمة المخروط المعدني الرقيق الجدار (البطانة المعدنية)تحدث فجأة ضغطاً عالياً جداً عليه مسببة تحطم جداره الداخلي مكّوناً نفثاً يبرز من القمة الداخلية للمخروط ويندفع إلى الأمام على طول محور المخروط بسرعة عالية جداً (٨٠٠٠ –٩٠٠٠م/ث). تتابع الموجة سيرها على محيط المخروط المعدني، وبما أن كمية المادة المتفجرة تتناقص في هذه النقاط، فإن الطاقة التي تنتج تتناقص أيضاً وبالتالي تتناقص الطاقة التي يندفع فيها بقية المعدن المصهور. متشكلة بذلك كتلة تندفع إلى الأمام بإتجاه المركز بسرعة بطيئة نسبياً (٥٠٠ – ١٠٠٠م/ث). ويحتفظ المعدن المتحرك بالشكل المخروطي مع تقدم قمة المخروط على طول محوره إلى الأمام. ويلي قمة المخروط المتقدمة كتلة مكونة من معدن الجدار الخارجي للمخروط المتحطم بالكامل.

- إن العامل المسبب للخرق الهدف ليس الكتلة المتكونة من الجدار الخارجي للمخروط ولكنه عمود النفث المتكون من جدار المخروط الداخلي، إذ أن جزيئاته تحدث ضغطاً عالياً على مادة الهدف.وهذا الضغط يزيد إلى حد كبير جداً عن مقاومة مادة الهدف، مما يسبب في إزاحتها ودفعها أمام مسار عمود النفث وكأنها سائل لزج. وينجم عن ذلك خرق يكون قطره دائماً أكبر من قطر عمد النفث المسبب للخرق.

❖ <u>**نوع البطانة:**</u> هناك علاقة بين مقدار الاختراق وبين مادة البطانة (سمك البطانة، كثافة المعدن، قابلية المعدن للسحب والطرق) وهذه العلاقة هامة جدًا لدى اختيار معدن البطانة، ويتوقف مقدار الاختراق بشكل عام على كثافة معدن البطانة، وكلما زادت قابلية معدن البطانة للسحب والطرق كلما زادت قدرة الحشوة على الاختراق بشكل عام،وعموماً فإن أنسب المعادن التي يمكن استخدامها هي الألمنيوم والنحاس الأحمر والصلب، وهنالك سبائك معدنية آخري أفضل ويعتبر تركيبها من أسرار الصناعة الحربية لكل دولة وقد تصنع من الزجاج و في إطار المتناول يفضل استخدام النحاس الأحمر أو الأصفر للخرق والحديد للعبوات الصحنية والعدسية بحسب نوع المادة المتفجرة المستخدمة في العبوة . فمثلا النحاس الأحمر يحتاج إلى مادة متفجرة ذات حرارة وسرعة عالية ، وهي غالبا ما تكون في المتفجرات النظامية مثل RDX أو التترايل أو مركب ب ، وعند عدم توفر هذه المواد فإننا نلجأ إلى استخدام النحاس الأصفر أو استخدام نحاس احمر بسماكة قليلة أقل من المستخدمة في القذائف النظامية وهكذا وفي الاسلة المضادة للدروع الحديثة تستخدم الموليبدينيوم وسبيكة التنجستون الكاذبة التي تتكون من (٩ تنجستون، ١ نحاس)

وان اختيار البطانة يعتمد على طبيعة الهدف فنلاحظ ان اختيار الالمنيوم مناسب لأهداف الباطون اما في حالة آبار النفط يفضل استخدام السبائك الصلبة وليس نفث الجزرة لان نفث الجزرة ممكن ان يغلق الفتحة التي تم فتحها فيعيق تدفق النفط واذا كان الهدف من الانفجار اعمق اختراق فنستخدم معدن نقي ولا نختار سبيكة لان النفث ممكن ان يتكسر في حال السبائك ويبقى متماسك في حال المعادن النقية لليونتها وتنطبق افضل مواصفات على البطانة التي لها كثافة عالية ودرجة انصهار متوسطة تتراوح بين ١٠٠٠-٢٥٠٠م وذلك لان الحرارة العالية والضغط الشديدين المنطلقين بفعل الانفجار تصهر البطانة وتحول حركتها كحركة الموائع متجمعة في مركز العبوة ومنطلقة نحو الهدف على شكل نفث له رأس ووسط وذيل وسرعة هذا النفث المنطلق تعتمد على مدى تشكل النفث ودرجة انصهاره وكثافته.

❖ **<u>شكل البطانة :</u>** معلوما أن العبوة تتشكل بشكل البطانة المستخدمة . **ويوجد عدة اشكال في العبوات الموجهة منها**

- **<u>الشكل المخروطي</u>** ويكون غالبا في عبوات الخرق **والصواريخ المضادة للدروع ويظهر بالصورة صاروخ هيلفير**

شكل الضلع المنحرف

<u>الشكل الصحني او المقعر</u>

شكل المخروطين:

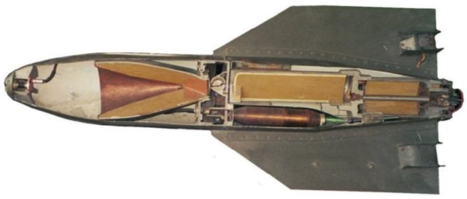
شكل النصف كروي

- **شكل حرف V-SHAED**

وهي عبارة عن عبوات مقطعها مماثل لمقطع الحشوة المخروطية وفعالية هذه الحشوات تقاس بسماكة الهدف التي يمكنها كسره ويكون سماكة الهدف الذي يمكن لهذه الحشوات كسره هو ضعف عمق اختراقها للهدف وعند انفجارها تعطي نفث طولي ويمكن تفصيل حشوات خطية بسب شكل الهدف المراد كسره أو قطعه ويتم وضع الصاعق في اعلى طرف هذه الحشوة

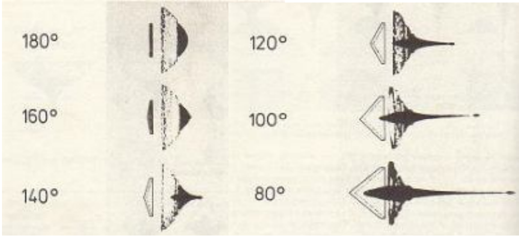
- **شكل البوق**

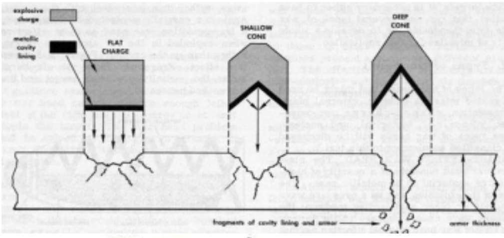
صاروخ مافريك الجو ارض



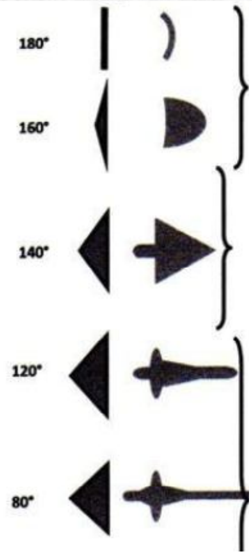
صاروخ ENTAC موجه بسلك فرنسي

ملاحظة: كل نوع من الانواع السابقة له نفث مختلف وسرعة مختلفة حسب الشكل





❖ **<u>زاوية التقعير للبطانة :</u>** بشكل عام أنسب زاوية مستخدمة للعبوات المشكلة والموجهة من ١٢٠ – ١٨٠ درجة أي زوايا منفرجة لضرب الأهداف البشرية (مشاه) أو مؤللة .وللخرق من ٤٠ –١٢٠ درجة فالعلاقة بين زاوية البطانة وعمق الاختراق هي علاقة عكسية والعلاقة بين زاوية الاختراق وقطر الاختراق هي علاقة طردية في العبوات ذات القمع النحاسي فكلما زادت زاوية البطانة كلما قل عمق الاختراق وزاد قطرها وكلما قلت زاوية البطانة كلما زاد العمق وقل قطر الاختراق **وفي الصور المقابلة يظهر ذلك جليا كيف تكون علاقة الزاوية بمقدار الاختراق**



ويمكن التحكم بمخرجات الشحنة الجوفاء حسب زاوية البطانة المستخدمة فاذا كانت الزاوية من ٤٠–١٢٠ درجة فاننا سنحصل على نفث من البطانة المعدنية اما اذا كانت الزاوية من ١٢٠–١٨٠ درجة فاننا سنحصل على كتلة معدنية

اذا كانت المادة المتفجرة المستخدمة سرعتها ١٠,٠٠٠م/ث فان سرعة النفث ستكون ١٠,٠٠٠م/ث في ين الكتلة المعدنية لا تتجاوز سرعتها ٣,٠٠٠م/ث

ولكن يعاب على النفث انه يتأثر كثيرا بعامل المدى او ما يطلق عليه مسافة المباعدة والتي يجب ان لا تتجاوز ٢–٦ اضعاف قطر البطانة في حين الكتلة المعدنية ممكن ان تكون فعالة لمسافة ١٠٠ ضعف قطر البطانة لكن افضل مسافة من ٣–١١ ضعف قطر العبوة الصنية

سرعة بداية النفث تكون ٨,٥٠٠م/ث وذيل النفث يكون بسرعة ١,٥٠٠م/ث

توجد علاقة بين قطر الاختراق وعمق الاختراق كذلك نوع المعدن الذي يحدث فيه الاختراق ففي المعادن المتوسطة الصلابة نجد ان قطر الاختراق يكون كبيرا وكذلك عمق الاختراق يكون كبيرا في الحديد الطري

عبوة الخرق غير فعالة تحت الماء لان الماء يعمل على تبريد المعدن المنصهر من العبوة وبالتالي لا يتشكل حسب المطلوب وبذلك لا يخترق الحديد الصلب

وبناء على نوع وزاوية البطانة تقسم العبوات إلي نوعين رئيسيين

الحشوات الجوفاء النفثية

وفيها فان طول العبوة يتحدد بكمية المتفجرات اللازمة لتوفير طاقة انفجار كافية لعملية انهيار البطانة وعادة فان سرعة النفث والطاقة الحركية للنفث وقوة الاختراق تزداد بزيادة طول العبوة المتفجرة الي حد معين وعادة فان طول العبوة التي بمقدار (١,٥*القطر) يكون كافيا اذا كان يوجد مخروط خلفي في العبوة وزاوية البطانة حادة ٤٥ درجة تقريبا ، اما اذا كانت العبوة تحتوي على بطانة بزاوية منفرجة ١٢٠ درجة فان ارتفاع العبوة يجب الا يزيد عن قطر العبوة

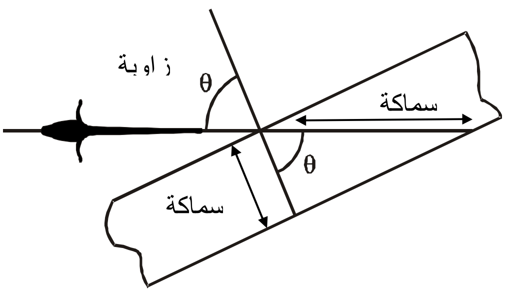
القياسات التقريبية للحشوات النفثية وقد تم اعتمادها نتيجة الاف التجارب

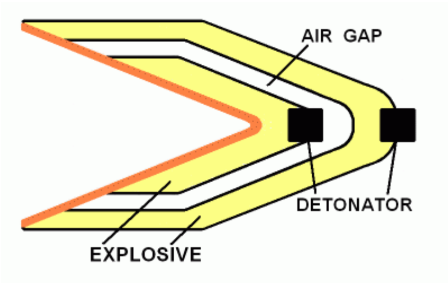
- زاوية البطانة المثلى لاغلبية الاغراض هي بحدود ٤٢ درجة
- يتم الحصول على اقصى اختراق بمسافة تحفظ بين العبوة والهدف من ٢-٦اضعاف القطر

- مادة بطانة المخروط التي تمتلك افضل مجموعة من الخواص هي النحاس الطري وننبه ان الفولاذ الطري والالمنيوم يستخدمان بشكل جيد
- ضغط الانفجار هو الخاصية الاكثر اهمية والتي تؤثر في اداء الحشوة الجوفاء وتأتي من الكابح الخلفي
- بزيادة زاوية المخروط تتناقص سرعة النفث والعكس صيحا الي حد معين
- عبوة الخرق النموذجية يجب ان تخترق على الاقل ٤ اضعاف قطر البطانة والمتوسط ٧ اضعاف قطر البطانة مع العلم يوجد عبوات تخترق اكثر من ١٠ اضعاف قطر البطانة

<u>**عمق الاختراق يعتمد على خمس عوامل**</u>

- <u>**طول النفث**</u>
- <u>**كثافة المعدن الهدف**</u>
- <u>**صلابة المعدن الهدف**</u>
- <u>**كثافة النفث**</u>
- <u>**زاوية اتجاه النفث مقابل الهدف**</u>





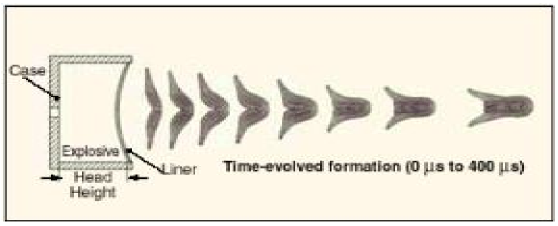
الحشوة الجوفاء متعاقبة النفث

وتحتوي على حشوتين جوفاء متسلسلة يباعد بينهما فراغات هوائية مسطحة

المقذوف المتشكل انفجاريا EEP

بطانة المقذوف المتشكل انفجاريا تكون على شكل صحن قليل العمق ويكون عمق الصحن غالبا اقل من ٠,٢٥ من قطره فان البطانة في الحشوة الجوفاء النفثية تكون عادة مخروط او نصف كرة ويكون عمق تجويف بطانتها اكبر من ٠,٤ من قطرها.

وهي مصممة لانتاج مقذوف غير مطول ينتقل بسرعة في دود من ٠,٥-٣ كم/ث وسرعة الجزء الخلفي اقل من سرعة الرأس بيث يكون هناك تدرج في السرعة على طول النفث مما يسبب استطالة النفث.



الضغط المتولد في بطانة العبوة كافي لتغيير شكل البطانة بالآليات الشائعة المتضمنة الانثناء والطي والانعكاس اما الضغط المتولد في بطانة الحشوة الجوفاء النفثية فيسبب تغيير شكل البطانة وفقا لنظام حركة الموائع وتنهار البطانة على محور التماثل للشوة كما لو كانت مائعا وهذه الظاهرة هي التي ينتج عنها تشكل النفث المطول.

بطانتها تكون اكثر سمكا بالنسبة لبطانات الحشوة الجوفاء من نفس القطر وهي تحتاج لكمية متفجرات اقل ولذلك افان طول عبوات الحشوة الجوفاء اطول من الأخرى لنفس القطر

عند الانفجار تتحول بطانته لكجسم معدني يحافظ على كتلته لمسافة بعيدة من الحشوة الجوفاء وبالعكس الحشوة الجوفاء يتكسر نفثها الي جسيمات تخرج عن نطاق التوجيه وتفقد الفاعلية بشكل كبير على بعد مسافة معينة.

تخترق في الحديد مسافة طول قطر الحشوة المولدة لها بينما الجوفاء النفثية فتخترق سبعة اضعاف القطر كمتوسط

- **قطر البطانة:**

كلما ازداد القطر ازداد اختراقها

❖ **<u>سماكة البطانة :</u>** كلما زادت سماكة البطانة عن الحد المناسب كلما ضعف تأثير العبوة لأن جزء كبير من الموجة سيوجه لتقطيع البطانة وكلما نقصت سماكة البطانة عن الحد المطلوب تضعف الموجة الانفجارية.

وعموما في عبوات الخرق لا تتجاوز سماكة البطانة عن ٣ ملم وفي العبوات الصحنية والعدسية عن ٢سم وبما يتناسب مع القطر مثلا إذا كان قطر العبوة الصحنية أو العدسية ١٥ سم فلا يجب أن تزيد سماكة البطانة عن (٠,٥–١) سم على أن يكون وزن المادة المتفجرة (١,٥–٣) أضعاف وزن الصحن فقد وجد من خلال التجارب أن زيادة سماكة البطانة لغاية ملم واحد فقط في حشوات يقارب قطرها ٤٢ ملم لتؤدي إلى زيادة مطردة في عمق الاختراق، ولكن إذا تجاوزت سماكة البطانة هذا المقدار فان ذلك لا يسبب زيادة تذكر في الاختراق إلى أن تبلغ السماكة حدًا معيناً حرجاً تبدأ عندها قدرة الحشوة على الاختراق في النقصان.

عبوات الحشوة الجوفاء : سمك البطانة سم = سمك المادة المتفجرة سم × ٠,٠٢

على أن لا تزيد سماكة البطانة في عبوات الخرق عن ٣ ملم .

عبوات الشوة الجوفاء وزن البطانة = وزن المادة المتفجرة

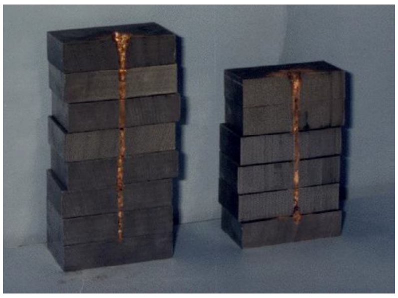
العبوة الصحنية : وزن لمادة المتفجرة = وزن الصحن × (١,٢٥–٣) .

لا نتكلم هنا عن الشظايا مع العلم يمكن تحزيز البطانة للاستفادة منها كشظايا عند استخدام الحديد مثلا في وجود متفجرات عسكرية وذلك للأهداف البشرية مع أفضلية استخدام الشظايا بدل التحزيز . مع ملاحظة عدم استخدام الشظايا في عبوات الخرق والاكتفاء باستخدام البطانة لأن استخدام الشظايا يشتت الموجة ولا يركزها وبالتالي يضعف تأثيرها جدا.

ثانياً : نوع المادة المتفجرة:

- **كلما زاد حجم ووزن المادة المتفجرة كلما زاد تأثرها والعكس صحيح.**
- **المتفجرات الكلاسيكية أكبر تأثيرا للموجة الانفجارية عموما من المتعارف عليها باسم (المتفجرات الشعبية) .**
- **نوع المادة المتفجرة له دور كبير في تحقيق الهدف الكامل من الانفجار .**

حيث أن حجم الغازات ودرجة حرارتها وسرعتها التي تنتج عن انفجارها تتفاوت من مادة لأخرى . فباختلاف هذه العوامل تختلف وظيفة المادة المتفجرة .وذلك حسب الهدف المراد تحقيقه ، فمثلا لتحقيق هدف– التدمير – أي (هدم ، حفر ، تخريب منشات ....الخ) يفضل استخدام مادة TNT أو عبوات النترات المحصورة ، ولتحقيق هدف قطع أو زيادة سرعة الشظايا نستخدم



مادة C4 ، علما بأنه يمكن استخدام كلا المادتين لتحقيق كلا الهدفين ولكن مع اختلاف التأثير النسبي لهما . لذا تكمن أهمية إختيار المواد المتفجرة في عملية مطابقة الهدف الخاص المراد تحقيقه مع القدرة النسبية للمادة المتفجرة ففي الصورة المقابلة يظهر جليا الفرق في الاختراق فالقطع على اليسار اخترق منها سبع سمك الواحدة انش من عبوة موجهة فيها ٣٠ جم من مادة CL-20 بينما التي على اليمين فاخترقت خمس منها من عبوة فيها نفس الحجم من خليط PBXN-5 .

❖ **كلما زادت سماكة المادة المتفجرة زاد طول الموجه الانفجارية وتأثيرها من حيث قوة التدمير ومساحته .**

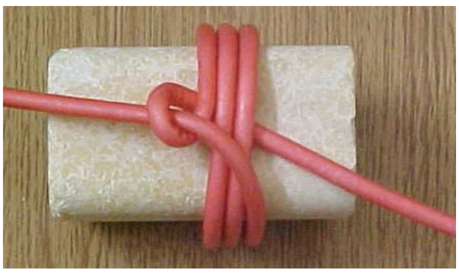
وبالنسبة للحشوات المشكلة التي نستخدم فيها الشظايا فان المدى القاتل لكل ٣ سم سماكة مادة متفجرة ١٥ متر تقريبا – هذا على العموم وتتفاوت المسافة نسبيا بحسب سرعة الموجة الإنفجارية ، ويطلق المدى القاتل على المسافة التي يكون عندها قدرة الطلقة أو الشظية قادرة على اختراق جمجمة الإنسان (مسافة وليس قطر دائرة) . ولتدمير الأهداف الصلبة يجب أن يكون هناك علاقة مثالية بين مقاييس الحشوة ونوعها وحجم وكثافة الهدف لنقل أكبر قدر من الموجة الإنفجارية .فلا يصح أن تكون الحشوة متطاولة (سماكة قليلة وطويلة) والهدف صلب وسميك .

❖ **لكي تزداد قوة المادة المتفجرة وبالتالي قوة الموجة الانفجارية فانه يجب أن يتحقق فيها المواصفات التالية : متجانسة ، متماسكة ، مضغوطة ، مجمعة ، نقية وصالحة ، مرتبة حسب قواعد سلسلة التفجير .**

- **متجانسة :**

أي متماثلة فإذا كانت العبوة مكونة من نوع واحد من المتفجرات فيجب أن تكون من نفس الشكل (الحجم) ، وإذا كان عندنا أكثر من شكل لـ TNT مثلا بودرة وصلب فلا نخلطهما مع بعض فنجعل البودرة أولا ثم الصلب في حال كون الصاعق شعبي وضعيف والعكس في حال كون الصاعق قوي وهكذا .

وإذا كان عندنا في العبوة الواحدة أكثر من نوع من المتفجرات فيجب ترتيبها على شكل طبقات بحسب سلسلة التفجير.



- **متماسكة :**

متقاربة من بعضها لا يوجد بينها فراغات فعند استخدام قوالب TNT مثلا يجب رصّها بجانب

بعضها جيدا ، وفي حالة استخدام الفتائل الانفجارية مثل الكورتكس معها فيجب أن تكون ملاصقة جدا للمادة ومتراصة فيما بينها ، وبأكثر من لفة علي المادة المتفجرة .

- **مضغوطـة :**

وخصوصا تظهر هذه الخاصية بالمواد العجينية مثل الـ C4 وفي تصنيع الصواعق حيث يتم ضغط المادة النصف حساسة بضغطين مختلفين (٢٠و٤٠) بار شرط التوافق مع نوع المادة الحساسة ، وكلما عرضت المادة النصف حساسة وضعيفة الحساسية للضغط باليد أو المكبس اليدوي يزداد تأثير المادة ويقل حجمها ، وهناك معايير لاستخدام المكبس الآلي لا يجب تجاوزها وإلا ستنفجر المادة .

<u>تحذير</u> :

لا يجب تعريض المواد شديدة الحساسة التي تستخدم في الصواعق للضغط إلا بظروف خاصة وضمن شروط خاصة وإلا ستنفجر ، ولا سيما الضغط الذي ينتج عن الاحتكاك .

- **مجمعـة :**

أي أن المادة تتجمع حول بؤرة واحدة (نقطة مركز) لتشكل شكل كروي أو مكعب أو أسطواني ، والشكل الأسطواني يعتبر من أفضل الأشكال بالنسبة لطبيعة أهدافنا . مع ضرورة مراعاة نوع وطبيعة المحيط والهدف المراد تحقيقه عند اختيار شكل العبوة.

- **نقية وصالحة :**

كلما زادت درجة نقاوة المادة كلما زاد تأثيرها ، وكلما كانت بعيدة عن تأثير الرطوبة كان تأثيرها أقوى ، ونعني بالنقاوة عدم وجود شوائب أي كل ما يؤثر على المادة سلبا.

ونعني بصلاحية المادة أي قابليتها للإستجابة للمحرض الخارجي وقدرتها على نقل الموجة إلى بقية أجزاء المادة .

، فمثلا يمكن تميز ذلك من حيث معرفة نوع المادة وخصائصها فمثلا الـ TNT الأبيض أكثر نقاوة وكلما اتجه لون المادة إلى اللون البني فالأسود تكون درجة نقاوة المادة أقل أو تأثرت بالرطوبة بشكل كبير وهنا يضعف التأثير إلى حد ما بحسب درجته . ونحتاج للاستفادة مما تبقى في هذه الحالة إلى محرض قوي ولمادة مساعدة وكذلك تنقيتها من الرطوبة وتعريضها للشمس مثلا .

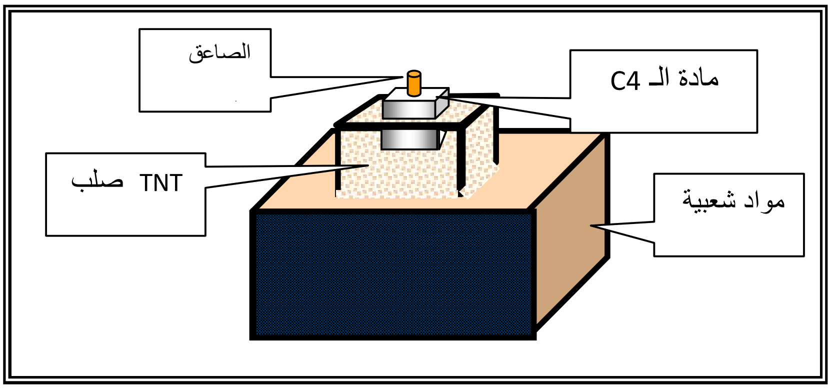
- مع ملاحظة إمكانية التأكد من صلاحية المادة عن طريق فحص اللون وليس بالنظر إلى سطح المادة فقط بل يمكن حك أو كسر القالب لنرى حقيقة لون المادة من الداخل في حال مثلTNT أو عن طريق طحن أو إذابته في الأستون فيذوب كاملا وعند إضافة الماء البارد علية يعود للظهور مرة أخرى أو عن طريق إشعاله و الرائحة المنبعثة عنه والدخان الأسود الكثيف الذي يسبب طعم مر في الحلق (لون اللهب ينصهر مثل الشمع . وهكذا كل مادة حسب خصائصها) .
- **مرتبة حسب قواعد سلسلة التفجير :**

وفي حال استخدام أكثر من مادة فيجب مراعاة سلسلة التفجير (خط النار) لضمان انفجار تام للمادة .

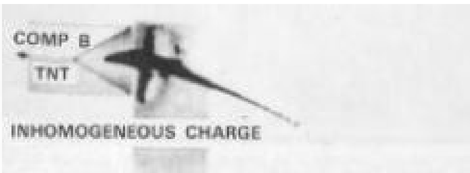
عملية الانفجار تقسم إلى ثلاث حالات :

- انفجار تام : انفجار كامل المادة .
- عجز انفجار : انفجار جزء من المادة فقط .
- فشل انفجار : عدم انفجار المادة .

لضمان انفجار تام وكامل للمادة يجب أن ترتب المواد المختلفة والمستخدمة في العبوة الواحدة بحسب **درجة الحساسية ابتداء ثم السرعة والقدرة والنقاوة** فمثلا عبوة مكونة من صاعق نظامي + مواد شعبية من سماد + C4 + TNT ، فيجب أن ترتب المواد على الشكل التالي : الصاعق العسكري ثم C4 ثم TNT ثم مواد شعبية وإذا حدث خلل في هذا الترتيب فهناك احتمال كبير أن أجزاء من العبوة لن تنفجر أو يقل تأثير العبوة وخصوصا في العبوات الكبيرة .



أيضا يجب أن تكون هذه المواد متداخلة وملامسة لبعضها كما هو موضح في الشكل

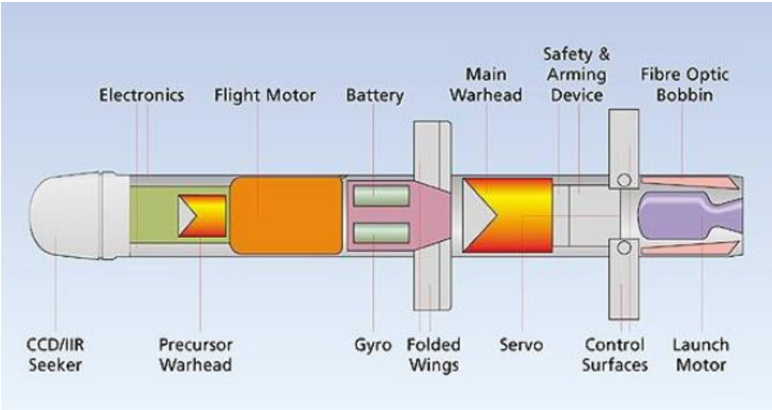


وفي الصورة يظهر لنا ان اتجاه النفث منحرف وذلك لوجود اكثر من نوع في الحشوة غير متجانس

ثالثاً : تثبيت العبوة و المسافة بين قاعدة الحشوة وسطح الهدف:

تثبيت العبوة : كما نعلم أنه يجب تثبيت كامل أجزاء العبوة والعبوة بشكل محكم بشرط أن لا تكون المواد المستخدمة في التثبيت تعمل على تشتيت الموجة الانفجارية ومن أفضل هذه المواد المستخدمة في التثبيت اللواصق والرغوة .

وبالنسبة لمسافة المباعدة: ولكي تعطي الحشوة الجوفاء فعاليتها القصوى، يجب أن تكون هناك مسافة مناسبة تباعد قاعدة المخروط الحشوة عن سطح الهدف. ذلك لأن جزيئات عمود النفث هي العامل الفعال في عملية الإختراق، ولكي يعطى عمود النفث الوقت



الكافي ليتكون ويمتد فلا بد من وجود المسافة المباعدة المذكورة. وما ينطبق على نقصان المسافة المباعدة المناسبة – من حيث إرتباطها بنقصان المسافة المباعدة المناسبة – ينطبق أيضاً على زيادة هذه المسافة.فإن زيادتها عن الحد المطلوب تؤدي أيضاً إلى نقصان الإختراق، لأن عمود النفث سوف يخترق طبقة إضافية من الهواء، وهذا الإختراق سوف يكون على حساب سمك مماثل من معدن الهدف المراد إختراقه وبالتالي يقل الإختراق. وليست المسافة المباعدة المثالية ثابتة، وإنما تختلف باختلاف المعدن الذي يستخدم في صنع البطانة، فلكل معدن مسافة مباعدة مثالية خاصة به. ومن الممكن زيادة المسافة المباعدة إلى حد كبير وذلك باختيار شكل مناسب لتجويف الحشوة المشكلة واستخدام بطانة معدنية ملائمة. وأهمية ذلك هو الوصول إلى تركيز بؤري كبير وتمكين عمود النفث من الإستطالة مع الإحتفاظ بفعاليته إلى مسافات كبيرة ومسافة المباعدة تختلف حسب نوع وزاوية البطانة المستخدمة في العبوة فعندما تكون زاوية البطانة تقريبا ٤٥ درجة تكون مسافة المباعدة من ٢-٦ اضعاف قطر الشوة وعندما تكون الزاوية منفرجة ١٤٠ درجة تكون مسافة المباعدة من ٣-١١ ضعف قطر العبوة وبظهر ولاحظ مسافة المباعدة بين الراسين في صورة الصاروخ مضاد للدروع موجه ذو رأس ترادفي

رابعا: تشكيل الحشوة:

حتى يكون الاستفادة من الموجة الانفجارية أكبر ما يكون فلا بد أن تكون العبوة مشكلة . ونقصد بتشكيل العبوة هو التحكم في شكل المادة المتفجرة بما يناسب شكل وطبيعة الهدف .

ويعتمد تحديد شكل العبوة على إختيار نوعية الهدف بشكل رئيسي وما سيترتب على اختيار العبوة من حيث نوعها وحجمها وآلية النقل والتفجير..) .

ولدراسة الأهداف لا بد من الانتباه إلى حيثيات الهدف للوصول إلى التأثير الأكبر للموجة الإنفجارية ، مثال :

الهدف : أفراد (فرد × أفراد ، يرتدي واقي × بدون واقي ، اكتظاظ × منتشرين ، مكان مغلق × مفتوح ، يوجد موانع × بدون موانع....)

الهدف : آليات (حجم ، نوع ×مؤللة × غير مؤللة ، بدون تصفيح ، تصفيح عادي ،عالي ، جزئي ، عوائق..)

الهدف : منشآت (حجم ، شكل ، نوع حديد ، خشب ، باطون مسلح أو غير مسلح ، بناء ، عدد الطوابق ..)

آلية النقل والتفجير (حزام ناسف ، حقيبة ، سيارة ، قارب ، طائرة ، قذيفة ، صاروخ ، مزروعة بأي شكل بالقرب من الهدف أو داخله ..)

وبالنسبة للحشوات الجوفاء فإذا اتحد التجويف نصف الكروي بتجويف محوري آخر على شكل أنبوبة محورية سبقية، فإن من شأن هذا التجويف الأنبوبي الإضافي أن يزيد عمق الاختراق المحدث في الدرع، إذ يسبب نشوء عمود نفث سبقي (أي سابق على تكون عمود النفث الأساسي) منشؤه هذا الجزء الأنبوبي من تجويف الحشوة، وقد استخدم هذا النوع من الحشوات في المدفع ٧٥ ملم عديم الارتداد، أما الحشوة القنينية فهي تطوير للنوع السابق، وفي كلا النوعين ينشأ عمود نفث منشؤه الجزء الاسطواني للحشوة، يليه عمود النفث الأساسي الناشئ من التجويف الأساس (نصف الكروي أو القنيني) ثم يلي ذلك كتلة هي عبارة عن الجزء الأساسي من مادة البطانة المتحطمة

خامساً : الصاعق ووضعه:

دائما يفضل استخدام الصواعق العسكرية على الصواعق الشعبية لضمان عملية الانفجار وقوته ، فكلما زادت قوة الصاعق كلما زاد من قوة الموجة الانفجارية .وتزداد قوة الصاعق بنوعية المواد المستخدمة فيه وترتيبها وضغطها وكذلك قطر الصاعق ونوع الغلاف ، وتختلف هذه الأمور عادة في القضايا الشعبية عندما لا يتوفر صواعق نظامية ، فمثلا إذا توفر لدينا أزيد الرصاص و RDX تصنيع محلي فانه يفضل وضعه في أنبوب رقيق مثل صاج علب الكولا المعدنية بقطر (٦-١٠)ملم ووضع RDX أولا على وجبتين الأولى نضغطها جيدا ثم الثانية ضغط عادي ومن ثم نضع مادة أزيد الرصاص .

وإذا لم يتوفر لدينا RDX فإننا نستعيض مكانة بمادة TNT بعد طحنها والتعامل معها بنفس ما تعاملنا مع RDX ، وإذا لم يكن لدينا إلا مادة أزيد الرصاص فإننا نلجأ إلى مضاعفة كمية الأزيد ونضغطه بشكل هادئ دون عمل أي احتكاك ونضع حول الصاعق وعلى طول امتداد العبوة مادة مطحونة ناعمة من نفس المادة الرئيسية المستخدمة للتفجير وهكذا مع ضرورة مراعاة حجم المادة المتفجرة ونوعها .

ويشترط في تثبيت الصاعق للحصول على كامل التفجير والدقة في التوجيه أن تتصف بالشروط التالية :

- ❖ أن يثبت في منصف الثلث الأول للمادة المتفجرة تقريبا أو أقل بقليل .
- ❖ أن يكون متعامد على منتصف مركز المادة المتفجرة .
- ❖ أن يكون متعامد على منتصف المنطقة القاتلة للهدف .
- ❖ أن يكون محاطا بالمادة المتفجرة وملامس لها .
- ❖ أن يكون مثبت جيدا في المادة المتفجرة ، كي لا يسهل خروجه أثناء الإعداد أو النقل أو الزرع أو يتغير اتجاهه خصوصا في المتفجرات العجينية .

في حال استخدام أكثر من صاعق نظامي للعبوة الوحدة أن يراعى فيها أن تكون :

- الصواعق لحظية(غير مكتوب على كعب الصاعق شيء – أو (0 أو – st)
- أو أن تكون من نفس التوقيت في حال أردنا تفجير العبوة لحظيا و تأخيرية بنفس الأرقام كلها رقم ٤ مثلا ومن نفس النوع .

- أو في حال الاضطرار لاستخدام صواعق تأخيرية مختلفة لعبوة واحدة فيجب أن تكون متلاصقة بحيث إذا انفجر صاعق يفجر الآخر ، وأن يكون توزيعها مناسبا لشكل العبوة والهدف منها .

وضع الصاعق إن إختيار وضع الصاعق في الحشوات الجوفاء عملية هامة. ذلك أن عملية الصعق يجب أن تضمن تسارعاً ذاتياً لإنفجار الحشوة الرئيسية في إتجاه الموجة الإنفجارية لكي يمكن إحداث أقصى إختراق ممكن للهدف.

ويوضع الصاعق في حشوات القص والقطع والقصم المتطاولة خارج أحد طرفي الحشوة بشكل متعامد مع محورها، عندئذ تتحرك موجة الصعق من أحد طرفي الحشوة إلى الطرف الآخر.

أما بالنسبة إلى الحشوات الخارقة الأخرى، فيتم وضع الصاعق في أعلاها بحيث تتحرك موجة الصعق نحو الأسفل من القمة إلى القاعدة. ويجب أن يوضع الصاعق متعامدًا مع زاوية التجويف، ويجب أن لا يقترب الصاعق بشكل كبير من زاوية تجويف الحشوة حتى تتمكن الموجة الانفجارية من السريان في أجزاء الحشوة بالشكل المطلوب ويظهر في الصورة كما ترون انحراف في عمود النفث لعدم وجود الصاعق في المنتصف.

سادساً : تعبئة الحشوة:

تتطلب تعبئة الحشوة الجوفاء دقة شديدة، إذ أن عدم تطابق محور تجويف الحشوة مع محور الحشوة نفسها يؤدي إلى نقصان في مقدار الاختراق وبالإضافة إلى ذلك، فان هناك عددًا من العوامل الأخرى التي تؤثر بشكل سلبي على مقدار الاختراق وتبدو هذه التأثيرات واضحة في الحشوات الصغيرة أكثر منها في الحشوات الكبيرة، وهذه العوامل هي:

التفاوت أو عدم الانتظام في سماكة البطانة المعدنية، ووجود طبقة غير كافية من المادة المتفجرة على قاعدة تجويف الحشوة، ووجود فجوات أو نقاط قليلة الكثافة في الحشوة المتفجرة.

سابعاً : توزيع الحشوة:

لدى تشكيل الحشوة يجب الإنتباه إلى سرعة تحطم البطانة المعدنية عند الإنفجار، ذلك أن تناقص سرعة تحطم البطانة يزيد مقدار الإختراق، ولكي يمكن إنقاص سرعة تحطم البطانة فإن من الضروري تقليل كمية المتفجرات في إتجاه تقدم الموجة الإنفجارية، بمعنى أن لا تزيد كمية المادة المتفجرة خلف البطانة المعدنية _ المخروطية _ أكثر من الكمية المطلوبة.

ثامناً : الدوران:

ويكون في الحشوات الصاروخية فإن حفظ توازن المقذوف أثناء اتجاهه نحو الهدف يتم إما بجعله يدور حول محوره أو بواسطة تزويده بزعانف ذيلية، ولدوران المقذوفات (التي تحتوي على حشوات جوفاء مشكلة) حول نفسها تأثير سلبي على عملية الاختراق، نظرًا لأن عمود النفث المتكون في المقذوفات التي تدور حول نفسها يميل إلى الانتشار، ويزداد هذا التأثيرتدريجياً بازدياد سرعة الدوران حتى يصل ذروته عند حد معين يتوقف بعده أي تأثير سلبي إضافي ويقل تأثير المقذوفات التي تدور حول نفسها بنسبة ٥٠ % من تأثير المقذوفات المزودة بزعانف ذيلية تحفظ توازنها عند الطيران، ولا يتأثر الحجم الكلي للخرق. المحدث في الدرع بالدوران، ولكن ما يحدث هو أن قطر الخرق يزيد بينما يقل عمق الاختراق.

تاسعا: الحشوة المساعدة :

وهي مادة لها قدرة وسرعة عالية وحساسية أكبر تستخدم في تحريض وتفجير المادة الأضعف . مثال نستخدم مادة C4 عجينية كحشوة مساعدة لمادة TNTتستخدم كحشوة مساعدة للمواد الشعبية وهكذا ، ولكن عند وضع الحشوة المساعدة يجب أن تكون في داخل المادة المراد تفجيرها وملامسة للمادة وتأخذ شكل المادة الرئيسية ما أمكن ، علما أنه كلما زادت سرعة وقدرة الحشوة المساعدة كلما زاد من قوة الموجة الانفجارية للمادة الأساسية وعادة تكون نسبتها للمادة الرئيسية (من ٢ إلى ٥ %) وذلك حسب حساسية المادة داخل العبوة فعندما تكون المادة المتفجرة مصبوبة نستخدم ٥% بوستر واذا كانت مطحونة مضغوطة نستخدم ٢% على الاقل

- أن يكون وزن المادة المتفجرة (١,٥–٣) أضعاف وزن الصحن .

عاشراً : الشظايــا :

يفضل استخدام الشظايا من الحديد والافضل من التنجستون اما فيما يخص حجمها فذلك يرجع الي حجم العبوة وبعد الهدف عن مكان تثبيت العبوة ونوع الهدف نفسه فاذا زاد حجم العبوة نكبر حجم الشظية والعكس صحيح وكذلك كلما بعد الهدف عن مكان تثبيت العبوة نزيد في حجم الشظية حتى تحافظ على مسارها اثناء انطلاقها باتجاه الهدف وكذلك اذا كان الهدف مصفح يجب ان يكون قطر الشظية لا يقل عن واحد سم والمقصود بمصفح انه ضد اطلاق النار اما فيما يخص شكل الشظية فذلك يرجع الي بعد الهدف عن مكان تثبيت العبوة فاذا كان الهدف افراد وقريبين من العبوة يفضل استخدام الشظايا الحادة بغض النظر عن شكلها اما اذا كان الهدف بعيد عن مكان تثبيت العبوة فبهذه الحالة تستخدم الشظايا الكروية لانها تحافظ على مسارها المستقيم باتجاه الهدف على عكس الشظايا الحادة لا تستقيم في الهواء على المسافات البعيدة

وإذا زادت سماكة طبقة الشظايا عن ثلث سماكة المادة المتفجرة فانه يضعف الموجة الانفجارية وقد يشتتها ، وكذلك لا يفضل استخدام أكثر من طبقتين للمسافات البعيدة للحفاظ على قوة و إنتظام الموجة الانفجارية .

وأنسب ما يستخدم في الشظايا الكرات المعدنية سماكة(٣- ٦)ملم للأهداف البشرية مشاه و ٨ – ١٨ ملم للأهداف المدرعة الخفيفة حسب كمية المادة وحسب سماكة جسم الآلية وبعد العبوة عن الهدف ، فكلما زاد التصفيح لحد ١ سم فإننا نزيد من قطر الشظية إلى ١٨ ملم .

ولكي تؤدي الشظايا أكبر تأثير فيجب أن تكون :

- ❖ كروية .
- ❖ منتظمة ومرتبة في صفوف متراصة .
- ❖ لا يزيد بأي حال من الأحوال سماكة طبقة الشظايا عن ثلث سماكة المادة المتفجرة ، ويفضل أن تكون سماكة المادة المتفجرة ٦ أضعاف سماكة طبقة الشظايا أو يزيد .
- ❖ متماسكة فيما بينها بمادة لاصقة صمغية تحافظ على انتظامها ولا يكون بينها فراغات .

- لا تزيد عدد طبقات الشظايا عن طبقتين إلا إذا كان الهدف قريب جدا من العبوة ويوجد نسبة اكتظاظ .
- إذا تعذر وجود الكرات المعدنية فيمكن استخدام الصواميل كأولوية وإذا تعذر فالمسامير والبراغي سماكة ٨-١٠ ملم مقطعة إلى صغيرة طول كل منها ١سم منظمة (القطر = الطول) ويراعى فيها شروط أعلاه .
- كلما زاد وزن الشظية كلما زاد تأثيرها ومداها ، وبما يتناسب مع حجم المادة المتفجرة.
- مسممة .

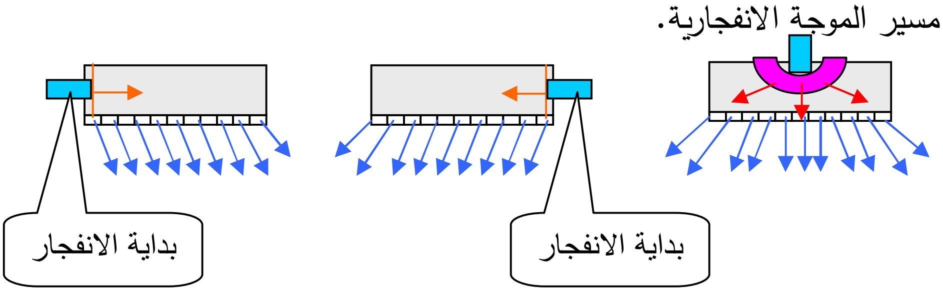
العوامل التي تؤثر في انتشار وكثافة الشظايا :

قبل اختيار أي شكل للعبوة لاستخدامها ضد الأهداف لا بد من معرفة حجم الهدف ، حيث يعتبر الحد الأدنى لكثافة الشظايا في الهدف ٥ شظايا لك متر مربع .

- **شكل السطح المشظي** : كلما كان السطح محدب زاد انتشار الشظايا وقلت كثافة الشظايا في الهدف ، وكلما زاد ارتفاع العبوة زادت كثافة شظايا في الهدف.
- **حجم الشظية** : كلما كان حجم الشظية صغير يكون الانتشار والكثافة أكبر ويقل حجم التأثير (قدرة الشظايا).
- **مكان وضع الصاعق** : كلما كان الصاعق بعيدا عن الشظايا في الخلف كان الانتشار أقل والكثافة أعلى ، وكلما كان الصاعق قريب من الشظايا كان الانتشار أكثر والكثافة أقل .
- **وزن وشكل المادة المتفجرة** : يزيد من السرعة وبالتالي يزيد من الانتشار .

ملاحظة: شكل العبوة يحدد كيفية انتشار الشظايا كما أنه يؤثر على سرعة الشظية.

بشكل عام تنطلق الشظايا بشكل عامودي لسطح المواد المتفجرة مع انحراف بسيط مع مسير الموجة الانفجارية.



قرب الأطراف يزيد الانحراف نتيجة وجود مواد على جهة واحدة من الشظايا (إما إلى اليمين أو إلى اليسار) وهوما يعرف ب "تأثير الأطراف".

العوامل المؤثرة على الاختراق للشظية :

❖ سرعة الشظية

عند حصول الانفجار تنطلق الشظايا بسرعات عالية (١٠٠٠--٣٠٠٠ م/ث) . العامل الأساسي الذي يتحكم بسرعة الشظية هو نسبة وزن المواد المتفجرة لوزن الشظايا (C/M). كلما زادت هذه النسبة تزيد سرعة الشظية. لنواحي عملية يفضل أن لا تزيد النسبة عن ٣ وذلك لأن زيادة المواد المتفجرة لا تؤدي إلى زيادة كبيرة في سرعة الشظية.هناك عامل آخر يؤثر على سرعة الشظية وهو شكل العبوة ، فالعبوات الأسطوانية تعطي شظايا بسرعة أكبر من العبوات التلفزيونية مثلا . كذلك فإن الحصر الخلفي أو الجانبي يؤدي إلى زيادة في سرعات الشظايا. وسرعة الشظية هي احد العوامل الأساسية (إضافة إلى وزن الشظية) في تأثيرها بالأهداف و الشظايا الكروية تحافظ على سرعتها لمسافة أطول بسبب ضعف مقاومة الهواء لها .

تنبيه: العوامل التي تؤثر في سرعة الشظايا :

- سرعة انفجار المواد : فكلما كانت سرعة تحول المادة وسرعة الغازات الناتجة أكبر كلما زاد من السرعة الابتدائية للشظايا.ويفضل استخدام مادة C4 أو مركب B في حال توفرهما.
- وزن وسماكة المادة المتفجرة .
- الحصر ولا سيما الحصر الجانبي الذي يزيد من سرعة الشظايا أكثر من الحصر الخلفي حيث أن الحصر الخلفي يقل تأثيره مع زيادة المواد المتفجرة. (الأفضل الحصر الخلفي هو الذي يحضن ويحوي الحصر الجانبي) .
- شكل العبوة حيث أن الشكل الاسطواني تكون فيه سرعة الشظية أسرع من بقية الأشكال.
- وزن الشظية .

❖ وزن الشظية:

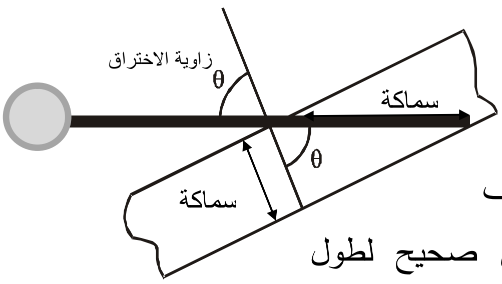
كلما كانت الشظية أكبر (مع وجود نفس السرعة) كان تأثيرها في تدمير واختراق الأهداف أكبر، كلما كان وزن الشظية أكبر يقل تأثر سرعتها خلال سريانها في الهواء.

❖ **شكل الشظية:**

قدرة الشظية على الإختراق تعتمد أيضا على شكلها، فالشظايا ذات الأطراف الحادة تستطيع إلحاق أذى أكبر في الهدف، ولكن هكذا شظايا تنخفض سرعتها بشكل أكبر خلال سريانها في الهواء (وبالتالي تقل فعاليتها بشكل كبير). وكنتيجة عامة فإن الشظايا ذات الأطراف الحادة والسطوح الملساء (المكعبات) مناسبة للأهداف القريبة، أما الشظايا المحدبة (الكروية) فهي مناسبة للأهداف البعيدة.

❖ **نوعية المعدن المشظي :**

لا بد أن تكون من النوع القاسي كي لا تتكسر ، ولا يكون المعدن لين لا سيما ضد الأهداف القاسية والسميكة لأنه مقاومة الهواء لها تزيد ويتغير شكلها عند اصطدامه بالهدف القاسي السميك وكذلك الشظايا ذات الكثافة العالية لها تاثير اختراقي افضل بكثير من الشظايا ذات المعادن التي كثافتها منخفضة



❖ **تعامد الشظية على الهدف :**

كلما كان انطلاق الشظايا بشكل متعامد على الهدف كلما كانت قدرتها على الخرق أكبر والعكس صحيح لطول المسافة التي ستخترقها حين الميل مقارنة حين تكون عمودية.

❖ **نوع الوسط :**

إذا كان الوسط هواء تكون سرعة الشظية أكبر ، وإذا كان في الوسط سائل فانه يعيق من سرعة الشظية وبالتالي من قدرتها على الاختراق.

❖ **البعد عن الهدف :**

كلما زاد البعد تقل السرعة وبالتالي التأثير .

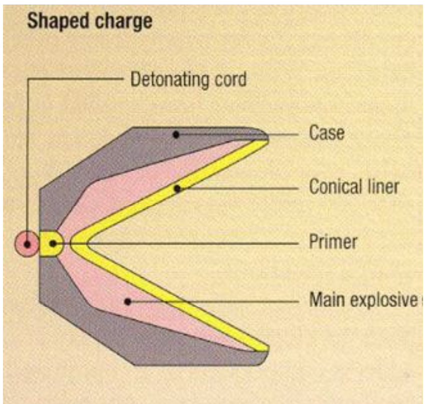
❖ **مقاومة الهدف :**

كلما زاد تصفيح الأهداف والدروع كلما قل تأثير الشظايا فيها ، لذلك الدروع والأهداف المصفحة أشكال العبوات المستخدمة لها مختلفة.

حادي عشر: الكابح نوعه وحالته وحجمه وسماكته وشكله

ونقصد بالوعاء المادة أو الشيء الذي يحوي العبوة ويخفيها . ويجب أن يراعى فيه **أن يكون ذا سماكة مناسبة** من المعدن ، علما أنه يمكن أن يكون من أي مادة أخرى ، كما يجب أن يقاوم كل الظروف المتوقع أن تتعرض لها العبوة .وكذلك أن تكون جهة انتشار الموجة رقيقة بحيث تسمح في انتظام شكل خروج الموجة الانفجارية .

نختار شكل الحصر المناسب بحسب نوع المادة سواء كان هذا الحصر جانبي أو خلفي ليعمل على تفجير كامل المادة وزيادة سرعتها لا سيما في المتفجرات الضعيفة مثل خلائط النترات ، ولتوجيه الموجة باتجاه معين لأن الإنفجار يتجه دائما نحو النقطة الأضعف ، وفي هذه الحالة نلجأ إلى زيادة سماكة الوعاء من ٠.٥ سم إلى ٢ سم تقريبا ، أما في حال استخدام المتفجرات القوية فإننا لا نلجأ إلى تسميك الوعاء لأن جزء كبير من الموجة سيتجه إلى تمزيق الوعاء الخارجي وبالتالي إضعافها وتؤثر سماكة الغلاف الخارجي على قدرة المواد المتفجرة فتزيد قدرتها مع ازدياد سماكة الغلاف الخارجي حتى حد معين (حوالي ١٠% من قطر العبوة اذا كان الغلاف من الفولاذ)



ثاني عشر: توجيه العبوات (توجيه الموجة الانفجارية) :

توجيه العبوة : هو تسديد انتشار الموجة الانفجارية وما تحمله من شظايا أو بطانة باتجاه المنطقة القاتلة للهدف من خلال تعامد العبوة على الهدف

فيما يتعلق بتوجيه العبوات أي تسديد انتشار الموجة الانفجارية والشظايا باتجاه المنطقة القاتلة للهدف . وأفضلها بالنسبة للأهداف البشرية أن تكون العبوة متعامدة على منتصف المنطقة القاتلة للهدف وموازية لسطح الأرض **فكيف نحقق ذلك ؟** .

مع العلم انه ظرف الميدان قد لا يسمح دائما بتوفر هذه الأفضلية أو هذا الشرط ، فقد نضطر في بعض الأحيان أن تكون مزروعة على سطح الأرض **فكيف السبيل إلى توجيه الموجة الانفجارية والشظايا إلى المنطقة القاتلة للهدف سواء كان الهدف راجلا (أشخاص يمشون) أو آليات (أشخاص ضمن سيارة أو باص ..) ؟** .

وقبل ذلك كله ما هي العوامل التي تؤثر على توجيه العبوة إيجابا وسلبا ؟؟

العوامل التي تؤثر على توجيه العبوة :

سنحاول الإيجاز راجيا المولى القدير أن ييسر تسهيل المراد .

هناك عوامل رئيسية وعوامل ثانوية تؤثر كما قلنا إيجابا أو سلبا على الموجة الانفجارية وعلى انتشار الشظايا :

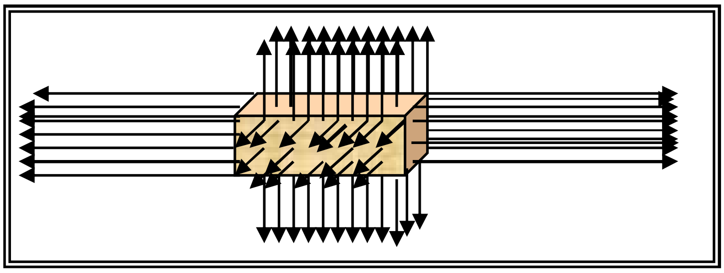
أولا : العوامل الرئيسة :

- **شكل المادة المتفجرة وشكل الصاعق .**
- **نوعية وشكل الصاعق ومكان تثبيته في العبوة .**

❖ شكل المادة المتفجرة .

وحتى يتضح المقال نضرب المثال حتى ندرك مدى أهمية ذلك ، فكما هو معلوم أن الموجة الانفجارية والتي هي الغازات الناتجة والمتشكلة عن الانفجار **تخرج متعامدة عن سطح المادة المتفجرة وتتناسب طرديا مع حجم المادة (الطول والعرض والسماكة)** ونلاحظ ذلك في الرسم من خلال اتجاه وطول الأسهم وعددها ، حيث يمثل السهم الموجة الانفجارية .

إذا كما نلاحظ أن شكل المادة المتفجرة يلعب دورا رئيسيا في توجيه الموجة الانفجارية .



❖ نوعية وشكل (الصاعق) ومكان تثبيته في العبوة .

أما بالنسبة للمفجر (الصاعق أو المشعل) نجد أن كعب الصاعق هو الذي يوجه معظم الموجة الانفجارية والشظايا ، فمثلا إذا وضعنا الصاعق من أعلى المادة المتفجرة فسنجد أن معظم الموجة الانفجارية والشظايا سيتجه إلى الأسفل بنسبة ٧٠ % تقريبا وكذا الحال إذا غيرنا مكان تثبيت الصاعق بالنسبة لجميع الاتجاهات ، وهكذا الصاعق يلعب دور أساسي في توجيه الموجة الانفجارية كما أسلفنا ويفضل استخدام الشكل الاسطواني في استخدام الصواعق .

ثانيا : العوامل الثانوية :

(البطانة – الشظايا – آلية التفجير – الوعاء – تثبيت العبوة – تمويه العبوة –المواد المساعدة).

وهي هنا مسائل نسبية سنفرد لها جزءا من الحديث في شروط تجهيز العبوة .

بعد أن عرفنا العوامل التي تؤثر على توجيه الموجة الانفجارية ، آن لنا أن نتعرف على :

كيفية توجيه الموجة الانفجارية والشظايا إلى المنطقة القاتلة للهدف ؟ وكما أوردنا سابقا تحدثنا عن وضعيتين لزرع

العبوة إما أن تكون :

١. متعامدة على المنطقة القاتلة للهدف وموازية لسطح الأرض .
٢. أو موضوعة على سطح الأرض دون مستوى المنطقة القاتلة للهدف .
٣. وهناك وضع آخر وهو أن تكون موضوعة أعلى من مستوى المنطقة القاتلة للهدف فيكون اتجاه الموجة في هذه الحالة من الأعلى باتجاه زاوية للأسفل .

والآن عند الحديث عن وتوجيه الموجة الانفجارية والشظايا فإننا نقصد توجيه العبوة الجاهزة بعد مراعاة كافة الملاحظات أعلاه أي أن العبوة في هذه الحالة عبارة عن كتلة واحدة .

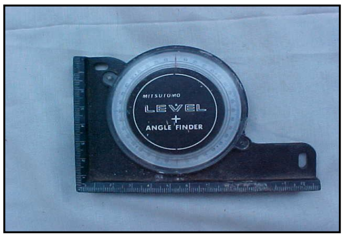
فالأمور التي تساعد التوجيه :-

١. رفع العبوة عن سطح الأرض بمقدار ارتفاع المنطقة القاتلة للهدف فعلى سبيل المثال إذا كان الهدف راجل فإننا نحاول أن نجد مكان مرتفع بمقدار ١,٣متر تقريبا ، كالاستفادة من السناسل الموجودة على جوانب الطرق ، أو على رفوف المحلات أو داخل سيارة مفخخة أو في سلال القمامة المعلقة أو جذوع الشجر ....، وكذلك الحال إذا كان الهدف باص مثلا فنرفع العبوة عن سطح الأرض بمقدار ٢,٣ متر تقريبا .

وهكذا علما أننا نعد من الركبة إلى أعلى الرأس منطقة قاتلة للهدف .

٢. إحضار ميزان الماء للبنائين وضبط الفقاعتين الأفقية و العامودية على العبوة ، على أن يراعى أن يكون جزء من العبوة مستوي لوضع الميزان عليه . أو يمكن اخذ الفقاعتين وتثبيتهما على العبوة بشكل متعامد على بعضهما على أن يكون سطح العبوة العلوي والسفلي متوازيين .

٣. الاستفادة من المصباح الليزري وخصوصا في الليل أو الأماكن التي بها ظل ، مع الانتباه إلى مكان سقوط الضوء الأحمر لحظة التوجيه فيكشف المكان من قبل العدو لا سمح الله ، وتكمن الاستفادة من المصباح عن طريق وضعة على كافة جوانب العبوة وجعل ضوء الليزر يمر عبر سطح العبوة –ضروري أن تلاحظ جزء من الضوء على جسم العبوة وامتداد الجزء الآخر على منطقة الهدف .



٤ . المنقلة المدنية المتحركة (تأتي على شكل البوصلة) وهي مفيدة جدا في حساب وتوجيه الزوايا ، وهي تشبه في استخدامها ميزان الماء فيجب أن تكون قراءة المؤشر على الصفر ، وفي حال الاحتياج إلى إمالة العبوة فيمكن قراءة الزوايا بالدرجات .

٥. في حال كون المسافة قريبة وفي المناطق الغير مأهولة يمكن الاستفادة من الخيط أو حبل كما هو الحال في المصباح الليزري .

٦. الطرق التقريبية من خلال النظر على العبوة من فوقها مباشرة وكذلك من الخلف ومحاولة التدقيق في الخط الأفقي والعامودي للعبوة والتأكد من عدم وجود ميلان للأسفل أو للأعلى أو لأحد الجوانب .

٧. في حال كانت العبوة محمولة فيكفي رفعها إلى أعلى منطقة الصدر ، أو إذا كان جالس على طاولة مثل طاولات المطاعم فيكفي أن توضع على الطاولة ، ويجب أن يتجنب الجلوس في الزوايا أو الأطراف بل يجب أن يجلس في المنتصف أو في الثلث الأول من القاعة مثلا ولكل هدف حالته الخاصة التي يجب الانتباه لها ، وعلى كل كما أسلفنا في هذه الحالات يفضل أن تكون الكمية كبيرة والمسافة قريبة وأفضل الأشكال الاسطوانية والشظايا حولها كاملا .

٨- وفي حال كوننا اضطررنا لزرع العبوة على سطح الأرض فانه يمكننا أن نستخدم القانون التالي مع المنقلة لتوجيه العبوة جيدا :

ظل زاوية الارتفاع (نسبة مثلثية) = <u>المقابل</u>

المجاور

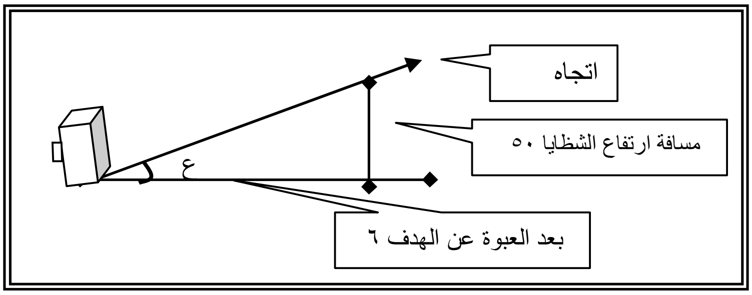
زاوية الارتفاع (درجة) = <u>المقابل (المنطقة الميتة التي لا يراد إيصال الشظايا لها – المنطقة الفارغة</u> – **متر**)

المجاور (بعد العبوة عن الهدف **متر**)

لإيجاد الزاوية نضغط على الحاسبة (ظا-١) أي Shift + Tan

ظا الزاوية ع = ٠,٥ / ٦ ظل الزاوية ع = ٠٨٣. لإيجاد الزاوية تضغط Shift + Tan

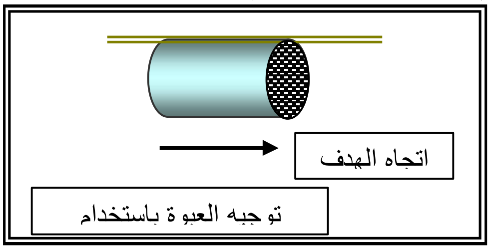
الزاوية = ٤,٧ درجة = ٥ درجة تقريبا .



وبعد ذلك نثبت العبوة على لوح مستوي ونميله حتى نقرأ على المنقلة ٥ درجات ومن ثم نثبتها بالغراء أو بوضع جسم أسفل منها أو بأي وسيلة كانت . بحيث نحصل على نتيجة أنه إذا وضعنا القاعدة الأفقية على الأرض تكون العبوة في حقيقتها مائلة ٥ درجات .

٩. ومن أفضل الأمور التي تساعد في توجيه العبوة بشكل سريع ودقيق هو استخدام ماسورة بطول ٤٠سم تقريبا وبقطر مناسب بحيث يبدأ قطر الماسورة من (٠,٥ ٢,٥سم) تقريبا ، ويعتمد قطر الماسورة على مساحة الهدف وبعد العبوة عن الهدف وعلى أي حال يمكن الاستفادة من أي قطر إذا اتبعنا الشروط التالية :

- ❖ أن تكون الماسورة مثبتة بشكل مستقيم على العبوة باتجاه الهدف وموازي لمركز العبوة (مثبتة مثلا على الخط الموجود على العلب حيث انه مستقيم ومنصف للعبوة) .
- ❖ إذا لم يكن هذا الخط موجود فنصنع خط يمر بمركز العبوة .
- ❖ يجب أن ترى الهدف من خلال الماسورة وإذا كان قطر الماسورة كبير فيجب أن ترى الهدف في منتصف الماسورة (قريب من عملية التسديد للبندقية م١٦) . وإذا كنت تريد أن تسدد على نقطة من الهدف فنصغر قطر الماسورة إلى أن نرى النقطة المحددة التي يراد إصابتها .
- ❖ يجب الانتباه أثناء التسديد إلى أن الماسورة والعبوة يتحركان سوية .لذلك يفضل تثبيت الماسورة بأي طريقة على جسم العبوة قبل وضع المواد المتفجرة فيها .
- ❖ يجب الانتباه إلى أن الجسم الخارجي للعبوة التي ستثبت عليها الماسورة مستو تماما .
- ❖ وتعد هذه الطريقة من أدق الطرق وأدقها في التوجيه وأيسرها في التطبيق .



ولربما تسأل وهل يوجد كل هذا الوقت والأمان لعمل ذلك ؟ أقول لك في حال توفر مثل هذه الظرف فيمكن الاستفادة من ذلك ، ولكن الأصل في الأمور تكون جاهزة في مكان إعداد العبوة ، فقط ما عليك إلا أن تجعل قاعدة مستوية للعبوة مما سيسهل عليك بقية الأمور ، والمسألة عندما تخضعها للتجربة العملية ستجد أنها لن تتعدى الدقيقة الواحدة في الحد الأقصى ، ولكن بشرط أن تكون قاعدة العبوة مستوية والعبوة متعامدة عليها وثابتة ، وهذا كما قلنا في مكان الإعداد وليس مكان الزرع .

ثالث عشر: تمويه العبوة

يجب أن لا تكون المواد المستخدمة في التمويه طبيعية كانت أم صناعية غير معيقة أو مشتتة للموجة الإنفجارية وإذا اضطررنا لتغليف كامل العبوة فيجب أن يكون اتجاه انطلاق الموجة رقيق نسبيا .

ونقصد به الاندماج مع المحيط . سواء كان هذا المحيط الطبيعة أو ضمن الحياة المدنية . وبمعنى آخر أن الشيء أو المكان الذي نريد أن نزرع العبوة فيه يجب أن يكون هو نفسه بعد إخفاء العبوة فيه من حيث الشكل ، الوزن ، اللون ، الرائحة ..الخ. ، مراعاة الاستمرار في التمويه حتى انتهاء المهمة ،وان لا تكون المواد المستخدمة في التمويه عائق في انطلاق الموجة الانفجارية أو الشظايا .

وسائل التمويه :-

وهي المواد التي نستخدمها في التمويه وهي نوعان :-

١. **وسائل ومواد صناعية** :- مثل (الألياف الزجاجية – الفيبرجلاس – الجبصين ، الدهان ، الألوان ، علب مواد الأغذية والتنظيف ، أو أي شيء قد يستخدم في الحياة المدنية ويناسب للعبوة)
٢. **وسائل طبيعية** :- مثل (الأعشاب ،ألياف الشجر ، غصون الأشجار ، الوحل ، ....)

ملاحظات يجب مراعاتها في تمويه العبوات:

١. يجب مراعاة وزن العبوة حيث يجب أن تكون منسجمة مع وزن الوعاء الأساسي.
٢. يجب مراعاة الحجم بحث تكون منسجمة مع حجم الوعاء.
٣. يجب عدم ترك فراغات حتى لا تبقى العبوة حرة الحركة داخل الوعاء ، ويمكن الاستفادة من الإسفنج أو الفلين لتثبيتها جيداً داخل الوعاء
٤. يمكن إبقاء القليل من المادة الأساسية الموجودة داخل الوعاء من الأعلى للتمويه على العبوة في حال التفتيش ومحاولة فتح الوعاء من المكان المخصص.
٥. يجب مراعاة مركز الثقل بحث لا يكون الوعاء ثقيل من جهة والجهة الأخرى خفيف.

عدم وجود أي شيء غير طبيعي على الوعاء مثل كبسة زر أو سلك أو لمبة

رابع عشر: إضافة مواد لزيادة فاعلية العبوة :

إن أي إضافة للمواد المساعدة لزيادة قوة الموجة الإنفجارية لا يجب أن يكون ضمن مكونات المادة المتفجرة وإنما خارجها، بعيدا عن اتجاه انطلاق الموجة الرئيسية وإلا سيكون لها الأثر السلبي على الموجة .

- ❖ **الصوت واللهب** : نضع بجانب العبوة اسطوانات غاز و بودرة الألمنيوم أو وضع العبوة في وسط مغلق .
- ❖ **اللهب** : نستخدم البنزين في الجهة المعاكسة لانتشار الموجة ، أو إذا كانت سيارة فنملأ خزانها بالوقود وعاء العبوة في أمام .
- ❖ **حرارة عالية** : نضيف بودرة الألمنيوم مع العبوة .
- ❖ **حارقة** : نضع خلطة الملوتوف أو النابالم أو الغراء في أوعية .
- ❖ **دخانية** : بارود اسود صلب او مواد مشتعلة كوشوك أو إضافة نشا جاف أو طحين .

(كل المواد المساعدة لا تكون من ضمن مكونات المادة المتفجرة وانما خارجها) بعيدا عن اتجاه انطلاق الموجة الرئيسية .

خامس عشر : آلية التفجير .

كيف يفيد اختيار آلية التفجير في زيادة تأثير العبوة ؟

فعلى سبيل المثال فعندما يكون الهدف متحرك لا يصح استخدام التوقيت لصعوبة الحصول على الدقة المطلوبة ، وبشكل عام كلما كانت الآلية مناسبة لطبيعة الهدف يكون التأثير أكبر ، فضمان حدوث الانفجار في الهدف أو تفجير أكثر من عبوة في آن واحد أو عمل تفجير متوالي لا شك من انه يزيد من التأثير على الهدف بل إن آلية التفجير تجعل لك الخيارات الكثيرة في تحديد أسلوب العمل وتحديد نسبة التأثير .

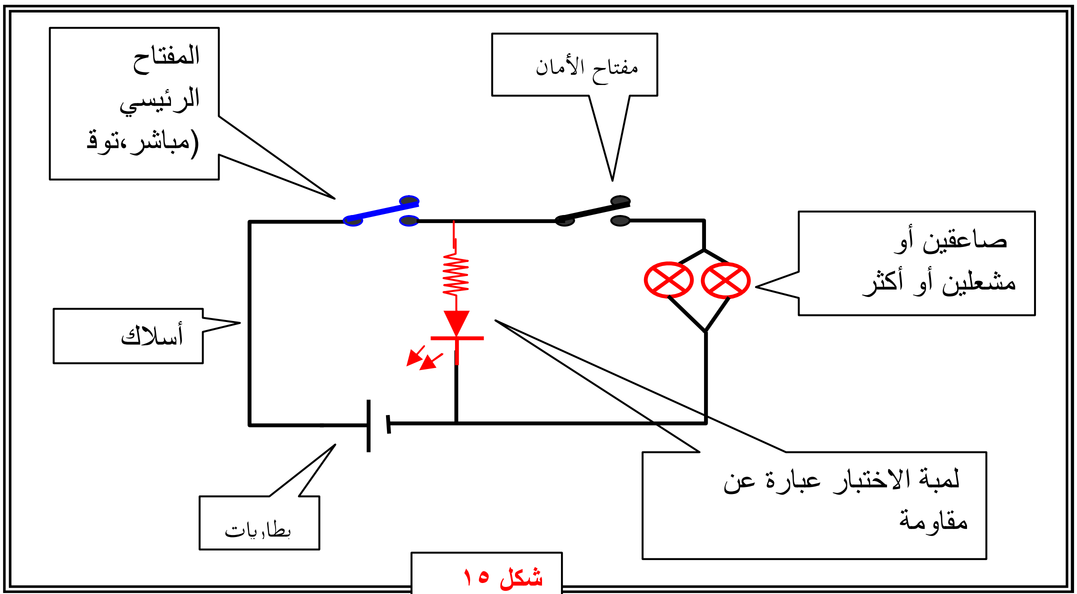
و المعيار في الحكم على اعتماد الآلية في التفجير بمقدار اتصافها بهذين الشرطين :

1. **آمنة للمنفذ .**
2. **فاعلة بمعنى تحقق الهدف المخطط له** . ولا نتنازل عن هذين الشرطين

وعند الحديث عن آلية التفجير فإننا نتحدث عن الطريقة التي نريد أن نفجر فيها العبوة وهي **لا تتجاوز الأنواع التالية** : (تفجير مباشر إما سلكي أو استشهادي – توقيت – تحكم عن بعد – شرك (فخ بحيث نتيجة قيام الهدف بعمل ما تنفجر العبوة) . وبغض النظر عن مقدار التقنية المستخدمة فكل بحسب علمه وإمكاناته .

وحتى نقر استخدام أي دائرة او آلية فلا بد أن تكون الدائرة اجتازت عدة تجارب ناجحة ليس فيها خلل وبنفس المكونات والظروف . وشعارنا في اعتماد الدائرة هو (التجربة المتكررة النجاح على نفس المكونات والظروف هي المعتمدة وليست الأمور النظرية . (راجع باب كهرباء المتفجرات ودائرة الامان) .

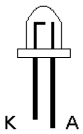
وسنرسم مخطط للدائرة الكهربائية البسيطة المعتمدة وليست الإلكترونية .



شكل ١٥

<u>ولمبة الاختبار (الثائي الضوئي) هنا لها دور مهم جدا في :</u>

أ. فحص ما إذا كان هناك خلل في المفتاح الرئيسي أم أنه يعمل ، فعند إضاءة اللمبة الثنائي الضوئي الأحمر هذا يعني أن المفتاح في حالة إغلاق أي خطر ، وفي هذه الحالة لا يجب إغلاق مفتاح الأمان بأي حال من الأحوال لأنه يعني انفجار مباشرة . (علما أن إغلاق مفتاح الأمان هو آخر خطوة في زرع العبوة) .



ب. والفائدة الأخرى هي فحص صلاحية النصف الأول من الدائرة – أي لا يوجد انقطاع – (البطارية ، المفتاح الرئيسي ، لمبة الاختبار) .

ملاحظة : يجب مراعاة القطبية (الموجب والسالب) عند توصيل الثنائي الضوئي الأحمر (LED) (ربع وات) ، ويكفي لذلك قبل تركيب الثنائي الضوئي تجريبه في وجود البطارية ووضع المفتاح الرئيسي على وضعية الإغلاق ON ، فإذا أضاء فيكون في الوضعية الصحيحة وإلا فيجب أن نعكس الأرجل . A توصل في الموجب وK مع السالب .

العبوات عمليًا

مقدمة:

لقد ثبت من التجارب أن **حرب العبوات** من أنجع الوسائل في مقاومة أي عدو و أكثرها فتكا ودبا للرعب في قلوبهم وردعا عن ظلمهم ، لما فيها من إمكانية تحقيق عنصر المباغتة، ولتأثيرها البالغ على أفراد وآليات ومنشآت العدو ، ولتوفيرها عامل الأمن بالنسبة للمنفذين ، وعدم حاجتها لعدد كبير من العناصر .

توجيهات عامة لإعداد عبوة متفجرة .

عندما نريد العمل على هدف معين ، وعند توفر الإمكانات اللازمة للتنفيذ ، ونريد تجهيز عبوة مناسبة لهذا الهدف ، فيجب إتباع الخطوات أدناه ، مع الأخذ بعين الاعتبار أن هذه الخطوات تركز على الجانب الفني بشكل خاص ، مع وجوب الانتباه والتدقيق في كافة الإجراءات الأمنية والفنية قبل وأثناء وبعد العمل ، ابتداء من نشوء الفكرة وانتهاء بتنفيذها وكتمانه بعد ذلك .

خطوات إعداد عبوة متفجرة :

أولا : تحديد الهدف .

ثانيا : تحديد أنسب ظرف لوضع العبوة مكانا وزمانا وأسلوبا .

ثالثا : الإعداد لتجهيز العبوة .

أولا : تحديد الهدف :-

من المعروف في مبادئ الحروب استخدام الإمكانيات المناسبة بأقل ما يمكن لتحقيق أكبر النتائج بأقل الخسائر وفي أسرع وقت ، وهذا يفرض علينا البحث عن الأهداف التي تؤثر في العدو وتهز أركانه . ولقد ثبت أن من أكثر الأهداف حساسية لدى العدو هو العنصر البشري لأن ضرب هذا العنصر سيؤثر على العدو في أكثر من مجال سواء على الصعيد المعنوي أو الاقتصادي أو الأمني أو العسكري وغيرها ، وسنوجز في حديثنا عن النقاط والمفاصل الحساسة والتي في حال استهدفها نصيب من كيانهم المزعوم مقتلا بإذن الله .

في المجمل **الهدف البشري** هو المكون الرئيسي ليهود وغيرهم والمؤثر في كافة أركانه ويعتمد عليه في كافة المجالات . وهو الذي يمكننا من نزع المبادرة من العدو والإمساك بزمامها

، وإيجاد توازن وتكافؤ في معادلة القوى من حيث دب الرعب في قلوبهم وايقاع الخسائر المؤثرة في صفوفهم وتبعات ذلك على الوضع الداخلي بينهم .

ونذكر هنا بأولوية التعامل مع الأهداف البشرية وهي على النحو التالي :-

١. ضرب الحاخامات والساسة و ذوي التخصصات العالية منهم فهم من يذكون القتل والغدر ويوجهونه .
٢. ضرب الأهداف العسكرية والتركيز على ضرب ضباط وعناصر سلاح الجو فهو السلاح الاستراتيجي لهم ومَفصَل مهم ويحرصون على تعزيزه .
٣. ضرب الأهداف الأمنية والتركيز على الضباط بشكل عام وعلى السريين منهم بشكل أخص فضربهم بمثابة ضربتين اختراق وخسائر ، وكما نعلم أن الهدف الأمني المخفي صعب الوصول إليه وسهل العمل عليه والعكس صحيح في المجمل .
٤. ضرب الضباط في كافة صنوف الأسلحة .
٥. ضرب الجنود .
٦. ضرب أبناء الساسة والحاخامات والعقول المفكرة وأصحاب المناصب .
٧. والكل هدف مشروع قائم متى استطعنا الوصول إليه .
٨. ضرب الاماكن الحيوية كالمطارات والقطارات وغير ذلك

ثانيا : تحديد أنسب ظرف لوضع العبوة مكانا وزمانا واسلوبا :

١. بشكل عام كلما كان المكان مغلق كانت الاستفادة من الانفجار أكثر وبالتالي التأثير أكبر .
٢. في المجمل كلما كانت العبوة أقرب إلى الهدف كان التأثير أبلغ ، وهذا مشروط بطبيعة الهدف – فعند وجود اكتظاظ كبير في صفوف العدو كالأسواق مثلا فنراعي التالي :-
أ. إن كانت كمية المواد المتفجرة قليلة فيفضل الابتعاد عن الهدف مسافة كي نضمن إيقاع أكبر قدر من الخسائر في صفوفهم وذلك حتى لا يتم امتصاص الموجة والشظايا من قبل الملاصقين للعبوة ولا يتعداهم التأثير – بشرط حسن تشكيلها وتوجيهها وسنفرد لذلك بحثا إن شاء الله .
ب. إذا كانت كمية المتفجرات كبيرة فيمكن تفجيرها في وسطهم .
٣. نختار المكان الذي لا تكثر فيه السواتر ولا سيما المعدنية والأسمنتية منها لما لها من تأثير سلبي في تشتيت الموجة والشظايا .

٤. اختيار الأماكن التي تكون ممرات إجبارية للهدف ، ولا سيما إذا كان هناك أكثر من تفجير في المكان الواحد مع وجود فاصل زمني مناسب ، فعلى سبيل المثال نختار الأماكن التي يراعى فيها وجود اكتظاظ وروتين (دور السينما ، النوادي الرياضية ، المراكز التجارية ، محطات القطارات و الحافلات، مناورات، اجتياح ...الخ) وفي حال عدم القدرة على تفجير العبوة ، نختار الوقت الذي يتجمع فيه أكبر عدد من العدو (قُبيل مواعد الحفلات أو المباريات أو بعد انتهاء أفلام السينما أو المباريات أو الاحتفالات .. فإن الازدحام أثناء الانصراف عند الأبواب وفي الساحات المحيطة بالسينما أو النادي أو صالة الأفراح .. يوفر لنا مكان مناسب لزرع العبوة فيه سواء سيارة مفخخة أو غيرها . . .
٥. يمكن عمل تفجير استدراجي ثانوي بحيث يثير الرعب والفوضى مما يضطر العدو للخروج من المكان الذي زرعنا فيه العبوة مسبقا ، وبالتالي نكون قد استدرجنا الهدف إلى المكان الذي نريد .
٦. أقصى مسافة يسمح أن تكون فيها العبوة بعيدة عن الهدف هي ١٥ – ٢٠ مترا هذا في حال كانت العبوات المستخدمة مشظية وموجهة وكميتها محدودة شريطة أن تكون مزودة بالشظايا .ولا ينطبق هذا الكلام على الدبابات فلها شكل وحسابات خاصة بها .
٧. هناك بعض العبوات يمكن استخدامها عن بعد حتى ١٠٠ متر بشروط خاصة سنأتي إلى ذكرها لاحقا .

ونخلص من ذلك أنه كلما كبرت وقربت العبوة من الهدف كان ذلك أفضل على العموم .

<u>ثالثا : تجهيز العبوة .</u>

١.المادة المتفجرة . ٢ . الصاعق . ٣.الحشوة المساعدة .
٤ . البطانة . ٥ . الشظايا . ٦ . آلية التفجير .
٧ . تشكيل المادة المتفجرة ٨ . توجيه العبوة ٩ . الوعاء .
١٠ . تثبيت العبوة . ١١.تمويه العبوة . ١٢.المواد المساعدة .
وغير ذلك...

<u>وقد تحدثنا عنها بالتفصيل في موضوع انطلاقات للتحكم في العبوات يجب الرجوع اليها حين دراسة هذا الموضوع منفصلا</u>

تعريف العبوات:

هي عبارة عن وعاء او اناء من مـادة ما يحتـوي على مادة متفجرة و يصمم شكل الاناء حسب استخدام العبـوة و طبيعة الهدف تنفجر بصاعق.

أشكال مختلفة للعبوات تختلف في الاستخدام

استخدامات العبوات

تستخدم العبوات في المراحل التالية:

١. في مرحلة الدفاع.
٢. في مرحلة الهجوم.

في مرحلة الدفاع:

تستخدم العبوات الموجهة في الدفاع للأغراض التالية:-

- إغلاق الطرق وتعزيز الحواجز والعوائق.
- تغطية عمليات الانسحاب والتراجع.

في مرحلة الهجوم:

- تستخدم العبوات الموجهة في تدمير منشآت العدو و معداته.
- إزالة العقبات التي تكون في طريق المجاهدين، كإزالة السياج الحديدي و فتح ثغرات في الجدران لمرور المجاهدين.

صورة توضح تفجير البنجالور و شكل الموجة الصادرة منه

أنــــــواع العبـــــــــــــــوات

تنقسم العبوات من حيث الاستخدام:

١. عبوات مضادة للدروع.

٢. عبوات مضادة للأفراد.

العبوات المضادة للدروع:

من أهم العوامل التي تزيد من فعالية العبوات ضد الدروع هي :

١ –. سرعة المواد المتفجرة :

كلما كانت المواد المتفجرة سريعة وذات قدرة أكبر كلما كانت العبوة ذات فعالية أكبر .

٢ –. وزن المواد المتفجرة :

كلما ازداد وزن المواد المتفجرة كلما ازدادت فعالية العبوة .

٣ –. الحصر :

كلما كان الحصر ذو سماكة كلما ازدادت فعالية العبوة عادة يكون الحصر بين ٥ملم و ٢,٥سم

العبوت ضد الدروع نوعين :

١ – عبوات صحنية .

٢ – عبوات جوفاء .

أولا: العبوات الصحنية

وهي عبوات ضد الدروع الخفيفة مثل :لاند هامر ،ملالة ١١٣ تعتمد هذه العبوات في اختراقها للدروع على المقذوف المتشكل التي تبلغ سرعته ما بين ٢٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ متر في الثانية .

- ❖ هذا مقذوف مقعر .
- ❖ لكي تتحقق أكبر فعالية ممكنة للعبوات الصحنية المضادة للدروع يجب اتباع عدة خطوات :

أولا : .المقذوف الصحني :

يكون عادة من الحديد اللين أو النحاس الأحمر ويأتي شكله مقعرا مثل الصحن سميك من الوسط وتخف سماكته إلى الثلث عند الأطراف تبلغ سماكة المقذوف من ٨% إلى١٢% من قطره في الوسط .

مثلا : إذا كان قطر المقذوف الصحني١٥ سم عندها تكون سماكة وسطه ١٥ ملم وسماكة أطرافه ٥ ملم .

❖ يجب أن يبلغ أقصى عمق قعر المقذوف من ٨% إلى ١٢% من قطره كاملا .

مثلا : إذا كان قطر المقذوف كاملا ١٠ سم أي ١٠٠ ملم فيجب أن عمق تقعيره في الوسط حوالي ١ سم .

❖ إذا لم نستطع أن نحضر مقذوف ذو شكل صحني مقعرا نقوم بإحضار قطعة حديد دائرية ذات سماكة واحدة وذات سطح أملس .

❖ إذا لم نستطع إحضار مقذوف صحني مقعر سميك في الوسط وتقل سماكته عند الأطراف حينها نقوم بتصنيع مقذوف صحني مقعر ذو سماكة واحدة.

ثانيا :. الحصر :

يزيد الحصر من فعالية العبوة الصحنية بشكل جيد خاصة عندما تكون المواد المتفجرة ضعيفة .

❖ يكون عادة الحصر من ٥% إلى ٢٠% من قطر العبوة .

مثلا : قطرها ١٠ سم نحصره بغلاف ٢ سم كحد أقصى .

ثالثا :. المسافة الفاصلة بين العبوة والهدف :

عند انفجار العبوة الصحنية تبقى فعالة حتى أكثر من ٢٠ مترا أي أنهإذا كان الهدف بعيدا عن العبوة ٢٠ مترا عندها تحافظ العبوة على فعاليتها ، وكلما كان الهدف قريبا من الهدف بطبيعة الحال ستزداد الفعالية .(يجب أن لا تقل المسافة بين الهدف والعبوة إلى أقل من متر)

❖ البطانة (المقذوف الصحني) .

❖ غلاف الحصر الجانبي .

❖ آلية التسديد والتي يمكن من خلالهاتسديد العبوة باتجاه الهدف بدقة ويجب أن تكون آلية التسديد متوازية تماما مع غلاف العبوة .

❖ نضع في فتحة آلية التسديد منظار بندقية صيد ثم نسدد ثم ننزع المنظار

❖ الغطاء الخلفي (غطاء الحصر الخلفي وفيه مقر الصاعق) .

❖ نضع المقذوف الصحني المقعر والذي يبلغ قطره ١٠ سم في غلاف الحصر الجانبي والذي تبلغ سماكته ٢,٥ سم .

❖ نلاحظ أن أطراف المقذوف متوازية تماما مع أطراف الحصر الجانبي .

الجهة المقعرة في حال كان المقذوف مقعرا تكون إلى الخارج لجهة الهدف .

❖ نضع المادة المتفجرة بحيث تملأ العبوة تماما مع رص المواد لتفادي وجود فراغات .

(سماكة المادة المتفجرة خلف المقذوف الصحني ١٠ سم) .

❖ نباشر إغلاق العبوة بإحكام .

❖ نلاحظ هنا أن الحصر الخلفي هو الذي يحضن الحصر الجانبي .

❖ نلاحظ وجود مقر الصاعق في الغطاء الخلفي (غلاف الحصر الخلفي) .

❖ عبوة مضادة للدروع الخفيفة وقد أصبحت جاهزة للإستخدام .

❖ نأتي بالعبوة إلى أرض الميدان .(هذه العبوة التي سنفجرها يبدو فيها الحصر الجانبي هو الذي يحضن الحصر الخلفي) .

❖ نضع العبوة باتجاه الهدف والذي يبعد ٥ أمتار ومن ثم نسدد جيدا وبدقة .

العبوة لحظة الإنفجار ويبدو المقذوف الصحني وقد ارتطم بالهدف .

❖ النتيجة فقد اخترق المقذوف سماكة ٤ سم والفاصلة بين العبوة والهدف ٥ أمتار .

ثانيا : العبوات الجوفاء المضادة للدروع :

تعتمد هذه العبوات في اختراقها للدرع على القمع النحاسي الأحمر الموجود فيها والذي تبلغ سرعته عند الإنفجار من ٨٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ متر في الثانيةمتحولا إلى نافورة نحاس ذائبة

ولكي نحافظ على الخرق الناتج عن انفجار العبوة علينا اتباع الأمور التالية :

❖ زاوية القمع يجب أن تتراوح ما بين ٤٥ درجة و ١٢٠ درجة .
أفضل زاوية سهلة الصنع هي زاوية٩٠ درجة وهي درجة فعالة .

❖ سماكة القمع : يجب أن تكون من ١,٥ إلى ٤ ملم كحد أقصى وتكون ذات سماكة واحدة .

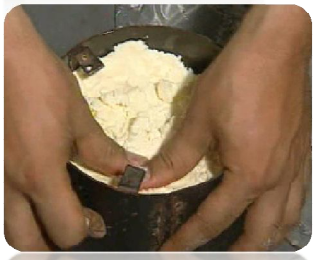
❖ نوعية المواد المتفجرة : يجب أن تكون نوعية المواد المتفجرة المستخدمة في هذا النوع من العبوات مواد سريعة الإنفجار وفعالة .
مثل RDX – TNT – C4

❖ الفاصلة بين العبوة والهدف والذي يجب أن تكون حوالي مرة ونصف من قطر العبوة .
مثلا: إذا كان قطر العبوة ١٠ سم حينها يجب أن تنفجر على بعد ١٥ سم من الهدف كحد أقصى .

❖ القمع النحاسي .

❖ الغلاف الجانبي .

❖ نضع القمع داخل الغلاف الجانبي .



❖ نضع المادة المتفجرة .
سماكة المادة المتفجرة وراء القمع ٨ سم

❖ نغلق العبوة من الخلف .

❖ أصبحت العبوة جاهزة للإستخدام .

بخصوص حساب كمية المادة المتفجرة المستخدمة للخرق (الدبابات وغيرها) .

لحساب كمية المادة نستخدم القانون التالي :

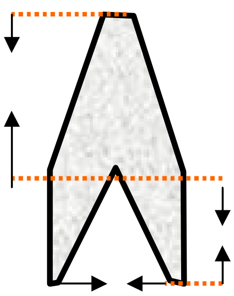
حساب الوضع النموذجي لزاوية التشكيل : –

أفضل الزوايا المستخدمة للخرق هي من ٤٥ درجة إلى ٦٥ درجة .

والیکم التالي :

- ❖ قطر المخروط = ارتفاع المخروط .
- ❖ سماكة المادة المتفجرة = ٢ ارتفاع المخروط .
- ❖ بعد العبوة عن الهدف = ارتفاع المخروط .
- ❖ الخرق في الهدف = ٢ ارتفاع المخروط .

بعض تعريفات مصطلحات القانون : –



R : عمق المخروط (ارتفاع المخروط) .

B : قطر المخروط .

I : محيط قاعدة المخروط .

S : سماكة المادة المراد خرقها .

D : بعد العبوة عن سطح الهدف المراد خرقه .

القانون هو : –

R = ٠,٤٤٧ S .

B = ٠,٤٤٧ S .

I = B π .

زاوية رسم المخروط = I ÷ ٠,٠١٧٤٦ ÷ R .

مثال: قطعه من الحديد سماكتها ١٧ سم أوجد أبعاد المخروط وزاوية تشكيله .

الحل : نوجد قيمة R والتي هي ٠,٤٤٧ × ١٧= ٧,٥٩٩ .

نونجد قيمة B والتي هي ٠,٤٤٧ × ١٧= ٧,٥٩٩ .

إذاً قطر المخروط = ٧,٥٩٩سم و عمق المخروط = ٧,٥٩٩ سم

ولحساب زاوية تشكيل محيط المخروط نستخدم القانون التالي :–

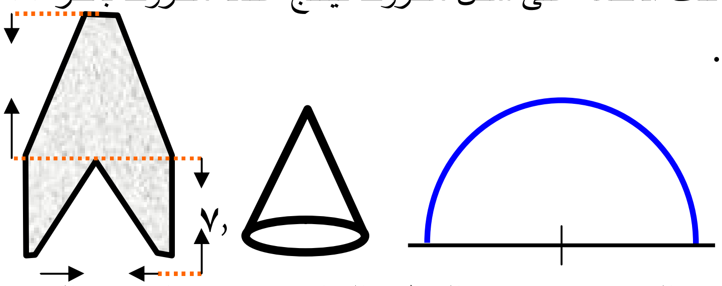
زاوية رسم المخروط = I ÷ ٠,٠١٧٤٦ (عدد ثابت) ÷ R .

I = ٧,٥٩٩ × (٢٢÷٧) قمة π = ٢٣,٨٨٢

زاوية تشكيل المخروط = ٢٣,٨٨٢ ÷ ٠,٠١٧٤٦٤ ÷ ٧,٥٩٩ = ١٧٩,٩٩٨ درجة أي ١٨٠ درجة .

كيفية صناعة المخروط : بعد أن نحسب الأبعاد والمحيط نقوم بالتالي :

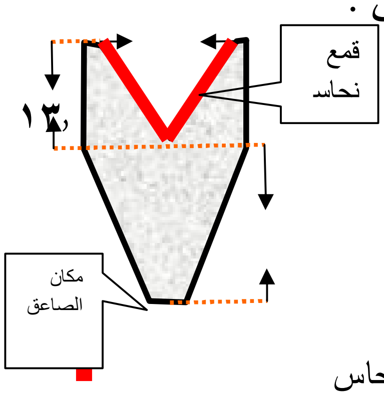
- نحضر قطعة النحاس التي نريد تشكيلها : ويفضل أن تكون بسماكة ٢ ملم .
- نرسم خط مستقيم زاوية ١٨٠ درجة أي الزاوية التي أوجدناها .
- نضع نقطة في منتصف الخط ، ثم نفتح الفرجار مسافة عمق المخروط والتي ٧,٥٩٩.
- نثبت رأس الفرجار في منتصف الخط ثم نرسم نصف دائرة وتكون كما هو (الشكل)
- نقص الشكل ثم نلف القطعة على شكل مخروط فينتج عندنا مخروط بقطر ٧,٥٩٩ وعمق ٧,٥٩٩ .



ملاحظة في حال كانت العبوة بعيدة عن السطح المراد خرقه ، فإن قوة الخرق تقل لذلك نضاعف الكمية .

مثال : العبوة التي تخرق ١٧سم على بعد ١٧سم فإنها تخرق ٨,٥ سم على بعد ٣٢ سم وتخرق ٤,٢٥ سم على بعد ٤٩ وهكذا . لذلك إذا أردنا خرق أسفل الدبابة بحيث نضع العبوة في أسفل الدبابة وموجه للأعلى فسوف تكون العبوة بعيدة عن السطح المراد خرقه حولي ٧٠سم وهي ٦٠سم ارتفاع الدبابة + ١٠سم سماكة التراب فوق العبوة لإخفائها وتمويهها ، وهنا يجب تصميم العبوة بحيث تكون قادرة على خرق سماكة ٢٠سم معدن . وهنا العبوة تخرق ٢٠سم معدن عن بعد ٢٠سم وتخرق ١٠سم على بعد ٤٠سم وتخرق ٥سم على بعد ٨٠ سم وهي مناسبة . وللاحتياط نستخدم قياسات عبوة تكون قادرة على بعد ٣٠سم في المعدن

ولحساب أبعاد المخروط وزاوية تشكيلة نتبع القانون السابق .



الحل :

قطر المخروط = ٢٠× ٠,٤٤٧ = ١٣,٤١ سم .

عمق المخروط = ٢٠× ٠,٤٤٧ = ١٣,٤١ سم .

زاوية تشكيل المخروط = ١٨٠ درجة .

وتحتاج إلى ٥ كغ متفجرات C4 .

سماكة البطانة (القمع) = ٥ ملم إلى ٧ ملم من معدن النحاس

ملاحظة : عند يراعي انحراف شكل المادة المتفجرة بحسب شكل وارتفاع القمع كما هو مبين في الشكل علماً أننا بحاجة لدقة في وضع العبوة وتوجيهها على الهدف بحيث تكون متعامدة مع سطح الهدف المراد خرقه .

وافضل مكان لوضعها اسفل الدبابة بحيث تكون موجهة للأعلى كما هو في (الشكل السابق) ويجب أن تكون في منتصف الدبابة أي بين الجنزيرين وأسفل برج الدبابة أو للخلف قليلاً لأن مقدمة الدبابة لا يكون فيها أشخاص وإنما المحرك . ولاختيار المكان المناسب لزرعها ، يجب أن يراعى فيه الآتي :-

١-ممر إجباري للدبابة ، أو مكان لوقوفها بحيث تزرع في المكان الذي تقف فيه الدبابة بشكل روتيني ، ويتم تفجير العبوة ، عند وقوف الدبابة .

٢-السرعة تكون أبطأ ما يكون .

٣- يكون الممر ضيق بحيث تضطر الدبابة للمرور من فوقها بحيث تكون العبوة في المنصف كما أشرنا ، أي لا يمر الجنزير فوق العبوة .

ملاحظة : يجب أن تكون دائرة العبوة إما شرك أو بطريقة الريموت كنترول .

ثانياً: العبوات المضادة للأفراد:

- هي عبوات تستخدم ضد الأفراد و يخرج منها عدد ضخم من الشظايا.
- الشظايا المستخدمة هي كرات حديد او جسم العبوة المصنوع خصيصا لذلك.
- يوجـد من هذا النوع من العبوات عدة أشكال تختلف في طريقة انتشار الشظايا.
- تصدر المادة المتفجرة كمية كبيرة من الطاقة التي تتبدد بسرعة مع مرور الوقت والمسافة ولكي نحافظ على الطاقة الناتجة عن الإنفجار ونحولها من طاقة إنفجارية إلى طاقة حركية نضع للمواد المتفجرة شظايا بشكل ملاصق لها وبأشكال وأحجام وأوزان مختلفة وذلك بحسب الهدف الموجود والأهداف المرجوة من العبوة .

سنفصل في هذا الموضوع لاهميته الشديدة

أولا .: سرعة الشظية :

يجب أن تكون سرعة الشظية من ١٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ متر في الثانية وكلما كانت السرعة الإبتدائية للشظية أكبر كلما كانت الفعالية أعلى .

هناك أمور تؤثر في سرعة الشظية منها :

أ – سرعة إنفجار المواد :

المواد السريعة الإنفجار تعطي الشظية سرعة إبتدائية عالية ، مثال على ذلك :
الـ TNT أفضل من الديناميت نترات اليوريا مع نتروغليكول أفضل من نترات الأمونيوم .

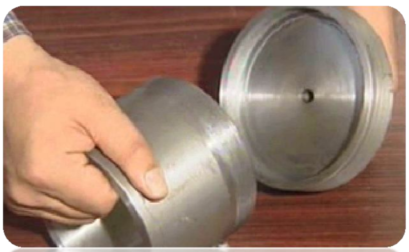
ب – وزن المادة المتفجرة :

كلما زاد وزن المواد المتفجرة زادت سرعة الشظايا وتبدأ من نسبة واحد إلى واحد حتى تصل نسبة وزن المواد ثلاثة أضعاف وزن الشظايا وعندها نحصل على السرعة القصوى للشظايا

ج – الحصر :

يزيد الحصر في سرعة الشظايا وبشكل خاص الحصر الجانبي ومن ثم الحصر الخلفي الذي تقل نسبة تأثيره مع زيادة وزن المواد المتفجرة .

الحصر وهو يتعلق في سماكة الغلاف والذي يبدأ من ١ ملم إلى ٢,٥ سم بحسب الأهداف المرجوة من العبوة .



هناك نوعين من الحصر :

١ – حصر جانبي (أساسي) .
٢ – حصر خلفي (ثانوي) .
(كلاهما يزيد في سرعة الشظية لمدى أبعد) .

❖ من الأفضل أن يكون الحصر الخلفي هو الذي يحضن الحصر الجانبي كما في الصورة .
الحصر الخلفي الذي يحضن الحصر الجانبي يعطي للعبوة فعالية أكبر .

❖ هنا الحصر الجانبي هو الذي يحضن الحصر الخلفي ،الحصر الجانبي يلتف على الحصر الخلفي مما يخفف من فعالية العبوة نسبيا . قد يكون غلاف الحصر من الإسمنت أو أي مادة أخرى تحقق الحصر المطلوب ومقر الصاعق في الحصر الخلفي في الجهة المقابلة للشظايا .

د – شكل العبوة :

في الشكل الإسطواني تكون الشظايا أسرع من بقية الأشكال الأخرى لماذا؟؟ لكم الاجابة.

هـ – وزن الشظية :

كلما كان وزن الشظية أكثر كلما حافظ على سرعة الشظية لمسافة أطول لكنها تحتاج إلى مواد متفجرة أكثر .

هنا بعض نماذج الشظايا أهمها الكروية الشكل لأنها تحافظ على سرعتها لمسافةأطول ويليها البرميلية الشكل ثم المكعبة .

ثانيا : الإنتشار والكثافة :

يجب أن نعرف أبعاد (طول وعرض) الهدف قبل الشروع في انتخاب العبوة المناسبة له ويجب أن يعم انتشار الشظايا الهدف بمجمله مع كثافة في كل متر مربع حيث يجب أن لا تقل نسبة الشظايا عن ٥ شظايا في المتر المربع .

* **من العوامل المؤثرة في إنتشار الشظايا :**

أ – شكل السطح المشظي :

كلما كان السطح المشظي في العبوة محدبا (مفتوحا) يزداد إنتشار الشظايا وبالتالي تقل الكثافة وكلما كان السطح المشظي مقعرا كان الإنتشار أضيق وبالتالي تزيد الكثافة ويمكن زيادة التقعير إلى حد معين حيث تتصادم الشظايا مع بعضها البعض إذا ما زاد التقعير **مثلا:** عندما تصبح الزاوية أقل من ١٦٠ درجة يصبح هناك تصادم للشظايا مع بعضها البعض.

ب – حجم الشظية :

عندما يكون حجم الشظية صغيرا يصبح عدد الشظايا أكبر وبالتالي يصبح الإنتشار والكثافة أعلى وكلما كان حجم الشظية أكبر كلما قل الإنتشار والكثافة بسبب قلة عدد الشظايا الإجمالي .

ج – مكان البادىء (الصاعق) :

كلما كان الصاعق بعيدا عن الشظايا (في مؤخرة المواد) كان الإنتشار أقل والكثافة أعلى وكلما كان الصاعق قريبا من السطح المشظي كان الإنتشار أكثر والكثافة أقل .

د – وزن المواد :

عند زيادة وزن المواد تصبح الشظايا أسرع وبالتالي يزيد الإنتشار .

ثالثا :الإختراق : يعتمد الإختراق على الأمور التالية :

أ – سرعة الشظية :

كلما كانت سرعة الشظية عند إصطدامها بالهدف أعلى كان الإختراق أفضل ، يذكر أن الشظايا الكروية تحافظ على سرعتها لمسافات أطول من الشظايا ذات الأشكال المكعبة والمعينة بسبب مقاومة الهواء لهذه الأشكال .

ب – شكل الشظية :

كلما ازداد شكل سطح الشظية تعقيدا كلما ازدادت مقاومة الهواء لها وبالتالي تتقلص سرعة الشظية ذات الشكل المعقد بشكل سريع جدا لذلك عندما يكون الهدف بعيد عن العبوة أكثر من ٢٠ أمتار فإن أفضل شكل للشظية هو الشكل الكروي لسهولة إختراقه للهواء ويأتي بعد الشكل الكروي الشكل البرميلي وبعده الشكل المكعب وعندما يكون (مسامير أو قضبان حديد) يجب أن تقطع إلى قطع بحجم قطرها أي أن تكون متناسقة ولا يبقى المسمار قطعة واحدة .

ج – نوعية المعدن المشظي :

عندما يكون المعدن المشظي قاسي جدا تتكسر الشظايا جراء الإنفجار وتتحول إلى قطع صغيرة أو تتحطم عند اصطدامها بالهدف وعندما يكون المعدن المشظي لين يتغير شكله وبالتالي تزيد مقاومة الهواء له يقل تأثيره بالأهداف خصوصا القاسية .

د – البعد عن الهدف :

عند زيادة الفاصلة بين العبوة والهدف تقل سرعة الشظية نظرا لمقاومة الهواء للشظية ودوران الشظية حول نفسها بشكل غبر متناسق وبالتالي يقل الإختراق .

هـ – مقاومة الهدف :

عندما يكون الهدف من غير المشاة والسيارات العادية (آلية مصفحة) نستعمل حينها عبوات ضد الدروع .

و – .حجم الشظية :

نستخدم شظايا ذات قطر ٤ إلى ٦ ملم للأهداف دون ٢٥ متر

شظايا قطر ٩ ملم لأهداف تبعد ٧٥ متر

شظايا قطر ١٢ ملم لأهداف تبعد أكثر من ١٠٠ متر.

يجب أن لا يقل حجم الشظية عن ٤ ملم .

وتصنف التأثيرات المطلوب تحقيقها من العبوات المضادة للأفراد ضمن ثلاث فئات هي:

- **القتل:** ويدل ضمناً على موت الفرد وإخراجه بالكامل من ميدان القتال.
- **الإعاقة الدائمة:** حيث يصبح الفرد عاجزاً عن معاودة القتال مدى الحياة.
- **التحييد المؤقت:** حيث يتم إخراج الفرد بشكل مؤقت من ميدان القتال.

أنواع العبوات ضد الأفراد :

١ – العبوات الاسطوانية .

٢ – العبوات الموجهة .

٣ – العبوات التلفزيونية .

أولا: العبوة الاسطوانية

إن أحد التطبيقات العملية لخواص الموجة الإنفجارية هو تشكيل الموجة الإنفجارية وذلك بتشكل المادة المتفجرة والعبوة وسنقوم بتصنيع العبوة الاسطوانية .

ميزات العبوة الاسطوانية :

١. أحد أشكال العبوات المجمعة.
٢. تصلح لأكثر من شكل ونوع من الأهداف .
٣. سهلة وسرعة التجهيز .
٤. سهلة التمويه .
٥. تستخدم فيها كمية مناسبة من المتفجرات .
٦. تنشر الشظايا لمسافة كبيرة وتكون فيه سرعة الشظية أسرع من بقية الأشكال .
٧. توقع كثافة شظايا في الهدف أكثر من أي عبوة .
٨. تعتبر فاعلة جدا ضد الأفراد والآليات.

العوامل الرئيسية المؤثرة على شكل وحجم العبوة الاسطوانية :

١. شكل إنتشار الهدف شكل دائري – قوس – خط مستقيم .
٢. طول وعمق مسافة الإنتشار للهدف .
٣. بعد الهدف عن مركز الانفجار .
٤. نوع الهدف مشاة – مؤلل – مقدار التصفيح أو السماكة .
٥. كثافة الشظايا المطلوب إيقاعها في الهدف بحول الله وقوته .
٦. حجم الشظايا .

كلما كانت السرعة الابتدائية للشظية أكبر كلما كانت الفاعلية أكبر سرعة الشظايا من ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ م/ث .

أشكال العبوات الاسطوانية تبعا لنوع وشكل الهدف :

أولا : العبوة الاسطوانية لهدف منتشر في جميع الاتجاهات .

ثانيا : العبوة الاسطوانية لهدف منتشر باتجاه واحد .

ثالثا : العبوة الاسطوانية لهدف مجمع باتجاه واحد .

أولا : العبوة الاسطوانية لهدف منتشر في جميع الاتجاهات :

هناك عاملين مهمين للتحكم في قطر العبوة وقطر الشظايا :

- **مسافة انتشار الهدف :** كلما زادت مسافة انتشار الهدف وجب علينا زيادة قطر العبوة ،فمثلا هدف رتل مشاة طوله ٥٠ م وبعد العبوة عن الهدف ١٥م فهنا لا يجب أن يقل قطر العبوة عن ١٨ سم ، والعكس صحيح كلما قلت مسافة انتشار الهدف قل قطر العبوة . وكلما زاد قطر العبوة كان أفضل لما يسببه من ازدياد كثافة الشظايا للشخص الواحد و تزيادة كمية المادة المتفجرة مما يسبب في زيادة قوة التأثير للعبوة.
- **قرب العبوة من الهدف :**كلما قربت العبوة على الهدف وجب زيادة قطر العبوة الاسطوانية.
- **خلاصة :** بمعنى أن قطر العبوة يتناسب طرديا مع مسافة انتشار الهدف وعكسيا مع بعد العبوة عن الهدف، ويفضل استخدام الشظايا ذات قطر ٣ الى ٩ ملم للأهداف البشرية.ويمكن حساب ذلك بنفس قوانين العبوة التلفزيونية .

خطوات تصنيع قالب العبوة الاسطوانية لهدف منتشر في جميع الاتجاهات :

بعد اختيار وتحديد الهدف المناسب ضمن الإمكانات نقوم باتباع الخطوات التالية :

هناك طريقتين لصب الشظايا إما بصبها ضمن قالب أو لوحدها كما في العبوة الاسطوانية ، سنقوم بعرض صب الشظايا بالقالب .

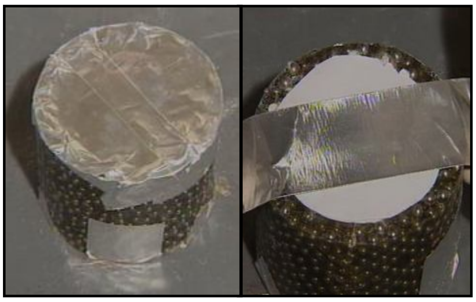
١. نقوم بتجهيز القالب الاسطواني وهو عبارة عن جزء من أنبوب له نفس قطر وطول العبوة المراد تجهيزها، ، له حافة من الأسفل بارزة عن الأنبوب ومرتفعة حتى لا تسمح بالسائل اللاصق بالتسرب ، وأنبوب آخر حاضن للشظايا يكون قطره أكبر من قطر الأنبوب الداخلي بحسب عدد طبقات الشظايا وقطرها.

٢. نطلي السطح الخارجي والداخلي للقالب بعازل شمعي أو زيتي لمنع التصاق الشظايا بالقالب .

٣. نركب القالب بشكل كامل بعد طليه بالمادة العازلة ، ثم نقوم باضافة الشظايا كما نشاهد في الصورة .

٤. نقوم بتجهيز المادة اللاصقة وسكبها فوق طبقة الشظايا بهدوء الى أن نرى المادة اللاصقة ظهرت على السطح (المادة اللاصقة مكونة من مادة رغوية تسمى بولستر ومادة مثبتة تسمى كتلز بنسبة ١ لتر بولستر الى ٥-١٠ مللتر كتلز بحسب سرعة الجفاف المطلوبة ، يمزجا جيدا قبل سكبهما – ننتبه الى عدم لمسهما للجلد أو العيون –) ثم نترك المادة حتى تجف تماما .

٥. نقوم بنزع القالب لنشاهد الشظايا وقد أخذت الشكل الاسطواني المطلوب .



٦. نقوم بتغطية الجزء العلوي أو السفلي للشكل الاسطواني بوضع قطعة ورق ثم نقوم بتثبيتها بواسطة اللاصق لضمان عدم تسرب أي جزء من المادة المتفجرة خارج العبوة ، ثم نقوم بوضع المادة المتفجرة وضغطها داخل هذه الاسطوانة من الشظايا ، بعدها نقوم بتغطية الجزء الآخر من العبوة .

٧. نقوم بعدها بفتح مكان للصاعق لتثبيته ثم تمويه العبوة بما يتناسب مع الهدف ونوع آلية التفجير ، نؤكد على تثبيت الصاعق جيدا بشكل متعامد ومطابق لمحور العبوة في وسطها .

٨. العبوة قرب أحد الأهداف يجب أن لا تبعد الأهداف أكثر من ١٢ متر عن العبوة الدائرية لأن كثافة الشظايا تقل بشكل كبير .

٩. لحظة الإنفجار .

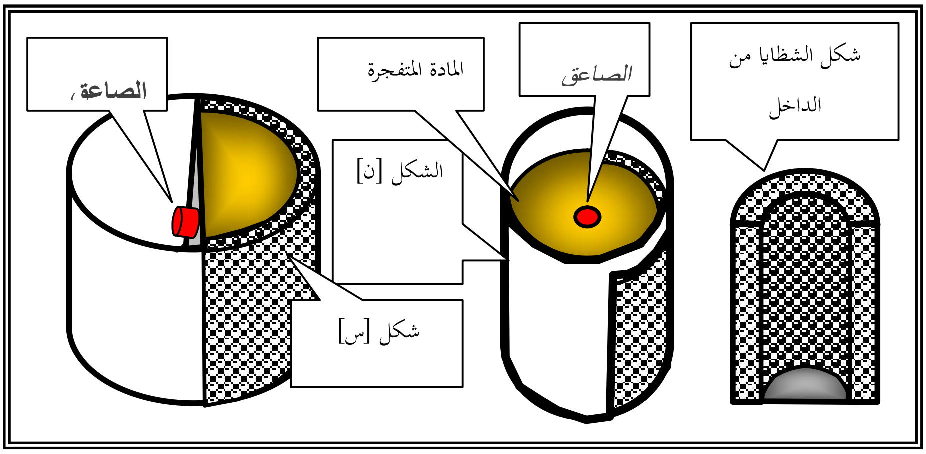
١٠. الإنفجار والنتيجة

الكثافة على بعد ١٠ أمتار ٦ شظايا في المتر .

ثانيا : العبوة الاسطوانية لهدف منتشر باتجاه واحد :

نفس الشكل السابق للعبوة الاسطوانية لهدف منشر في جميع الاتجاهات ولكن باستخدام نصف قطر العلبة (مقطع طولي) ويكون انتشار الشظايا في هذه الحالة باتجاه واحد (نصف دائرة كما هو موضح في الشكل [س] الرسمة اليسرى)، ويفضل وضع الصاعق في منتصف المادة بحيث يكون موجه بشكل متعامد على المادة المتفجرة وعلى منتصف المنطقة القاتلة للهدف كما يمكن وضعه من الأعلى كذلك .

وفي حال كان قطر العبوة صغير وأقل من ١٦ سم فيفضل أن نملأ العلبة بالمادة المتفجرة كما هو موضح في الشكل [ن] (الرسمة الوسطى) ونقوم بتثبيت الصاعق من الأعلى.



ثالثا : العبوة الاسطوانية لهدف مجمع باتجاه واحد :

يستخدم هذا النوع من العبوات لأهداف محدودة الانتشار كالأهداف البشرية المجمعة في دائرة لا يزيد قطرها عن ١٠ م ، وكذلك للآليات الغير مصفحة وذات التصفيح الخفيف .

علما أن أفضل نسبة تقعير للشظايا تحسب وفقا للقانون التالي :

مقدار التقعير الصحن (سم) = قطر العلبة(سم) × (٠,٠٨ – ٠,١٦)

❖ **٠,٠٨ للأهداف البعيدة أكثر من ٢٥ م وحتى ١٠٠ م تقريبا**

قطر الشظايا في هذه الحالة لا يقل عن ٩ ملم ولا يزيد عن ١٧ ملم بحسب نوع الهدف وتصفيحه وبعده عن العبوة. وتحسب كمية وسماكة المادة المتفجرة بحسب القوانين الموضحة في مذكرة العبوة التلفزيونية.

❖ **٠,١٦ للأهداف أقل من ٢٥ م**

قطر الشظايا في هذه الحالة من ٥ ملم وحتى ١٧ ملم بحسب نوع الهدف وتصفيحه وبعده عن العبوة.وتحسب كمية وسماكة المادة المتفجرة بحسب القوانين الموضحة في مذكرة العبوة التلفزيونية.

❖ يقاس التقعير من مركز قوس الشظايا برفع خط عامودي من المركز إلى مستوى الحواف .

خطوات(١) تصنيع قالب العبوة الاسطوانية لهدف مجمع باتجاه واحد :-

١. نقوم بتجهيز القالب الذي سنصب فيه الشظايا ، وهو مكون من صحن مقعر يحيط به حاضن لمنع تسرب المادة اللاصقة ويحفظ شكل الشظايا ويمكن أن يكون الحاضن هو نفسه الوعاء الخارجي .. وهكذا.

٢. نطلي السطح المحدب والحاضن بمادة عازلة من الزيت أو الشمع لمنع التصاق الشظايا في القالب . ثم نضع الشظايا ونرتبها فوق القوس المقعر طبقة واحدة وكحد أقصى طبقتين خصوصا عند استخدام العبوة للأهداف البعيدة.

٣. نسكب المادة اللاصقة فوق الشظايا على أن لا تزيد سماكة المادة اللاصقة عن سماكة الشظايا لكي نحافظ على شكل المادة المتفجرة ، ونتركها حتى تجف ، ثم نقوم بنزع طبقة الشظايا وتثبيتها في الوعاء المحدد لها على أن يكون السطح المحدب من جهة وضع المادة المتفجرة بحيث يصبح السطح الخارجي للعبوة مقعر ، كما نراعي أن يكون للوعاء حواف لتثبيت طبقة الشظايا فيه.

٤. يمكن عمل تقعير في العبوة الاسطوانية لحصر انتشار الشظايا في ارتفاع محدد

خطوات(٢) تصنيع قالب العبوة الاسطوانية لهدف مجمع باتجاه واحد :-

١. نأتي بأي وعاء مقعر لنستخدمه كقالب شرط أن لا يزيد القعر عن ١٦٠ درجة .

٢. نطلي الوعاء بعازل شمعي لمنع الإلتصاق .

٣. نأتي بغلاف حصر جانبي ١ سم ونضعه فوق القالب .

٤. نبدأ بوضع الشظايا ١٠ ملم فوق القالب .

٥. نضع الشظايا بشكل منظم وكما نلاحظ فإننا نستخدم شظايا معدنية كروية الشكل .

٦. قمنا بوضع طبقة واحدة من الشظايا .

٧. نضع مادة لاصقة فوق الشظايا لتثبيتها ببعضها البعض .

٨. نضع المادة اللاصقة بحيث تغمر الشظايا دون أن تؤثر على شكل التقعير بحيث نحافظ على شكل السطح المقعر .

٩. بعد أن تجف المادة اللاصقة نقوم بنزع القالب .

١٠. بعد أن نزعنا القالب تظهر الشظايا وقد استقرت بشكل مقعر .

نبدأ بوضع المادة المتفجرة ونضغطها جيدا.

١١. نضع غطاء الحصر الخلفي وهنا في هذه العبوة الحصر الخلفي هو الذي يحضن الحصر الجانبي .

(سماكة الحصر الخلفي ١ سم) .

١٢. هنا يظهر مقر الصاعق في وسط الحصر الخلفي .
يجب أن يكون ثقب الصاعق أكبر من قطر الصاعق بقليل .

١٣. العبوة أصبحت جاهزة للإستخدام

ملاحظة: عند استخدام مواد متفجرة قوية كـ TNT – C4 بإمكاننا وضع طبقتين من الشظايا .

❖ هذه العبوة في أرض الميدان ، القطر ١٠ سم
سماكة المواد ١٠ سم الشظايا قطر ١٠ ملم (طبقة واحدة) .

❖ نقوم بتوجيه العبوة بواسطة منظار باتجاه وسط الهدف الذي كما يبدو في أقصى الصورة وهو على بعد ٧٥ م

❖ تفجير العبوة .

❖ آثار الشظايا على الهدف وقد اخترقت لوح حديد ٢ ملم على بعد ٧٥ متر وبقطر انتشاره متران ونصف .

اليكم نموذج فعال لها

- القطر ٣٢ سم و ارتفاع ١٠ سم.
- تحتوي على ٩ كيلو من TNT صب.
- لها صحن به ٢٤٠٠ من الشظايا قطرها ٦ملم.
- لديها قدرة على اختراق حديد سـمكه ٢ ملم على مسافة ٧٠ متر.
- يمكن الاستفادة منها بواسطة تفجيرها في الشوارع بشكل طولي و ذلك أن الشظايا تكون منتشرة و متجمعة بطول ١٠٠ متر على الأقل و عرض انتشار من ١٠ – ١٥ متر.

ثالثًا: العبوات التلفزيونية (لغم كليمور)

إن أحد التطبيقات العملية لخواص الموجة الإنفجارية هو تشكيل الموجة الإنفجارية وذلك بتشكل المادة المتفجرة والعبوة وسنقوم بتصنيع العبوة التلفزيوينة .

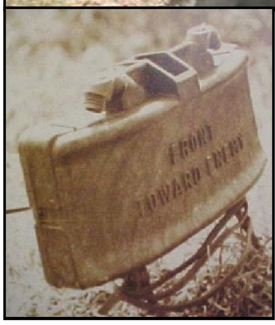
مميزات العبوة التلفزيونية :

١. تستخدم فيها كمية قليلة من المتفجرات .
٢. تنشر الشظايا لمسافة كبيرة .
٣. يمكن التحكم بكثافة الشظايا في الهدف .
٤. تعتبر فاعلة جدا ضد الأهداف البشرية .
٥. يسهل توجيهها نحو المنطقة القاتلة للهدف .

شكل العبوة التلفزيونية (لغم كليمور) :

عبارة عن مستطيل محدب الأطراف كشكل التلفزيون ومقعر من الوسط .الغلاف الخارجي من مادة البلاستيك أو(الفيبرجلاس) يساعد على تشكيل وتثبيت المادة المتفجرة ويحافظ عليها من العوامل الخارجية كالرطوبة وغيرها ، في الأعلى هناك مكانكين لصاعقين – يمكن استخدام صاعق واحد– ، في الداخل هناك طبقة من الشظايا يليها مادة متفجرة من سي ٤ – C4 زنة ١ كجم تقريبا ، يوجد مكان في أعلى منتصف العبوة للتسديد كما يوجد للعبوة منصب لتثبيت العبوة على الأرض وتسهيل عملية التوجيه . هذه تقريبا مواصفات اللغم النظامي .

المواصفات الفنية للغم الأمريكي (م١٨ أ١) كلايمور : علما أن هناك أكثر من دولة تصنع مثل هذا اللغم بمواصفات مختلفة .



وزنه الكلي : ١,٥٨ كجم .
وزن المادة المتفجرة : ٦٨٢ جم .
طول العبوة : ٢١,٦ سم .
عرض العبوة : ٨,٣ سم .
سماكة العبوة : ٣,٥ سم .
عدد الشظايا : ٧٠٠ شظية .
قطر الشظية : ٥ ملم .
المدى : يصل الى ٥٠ متر .
انتشاره : قوس مقداره ٦٠ درجة وعلى ارتفاع ١ متر .

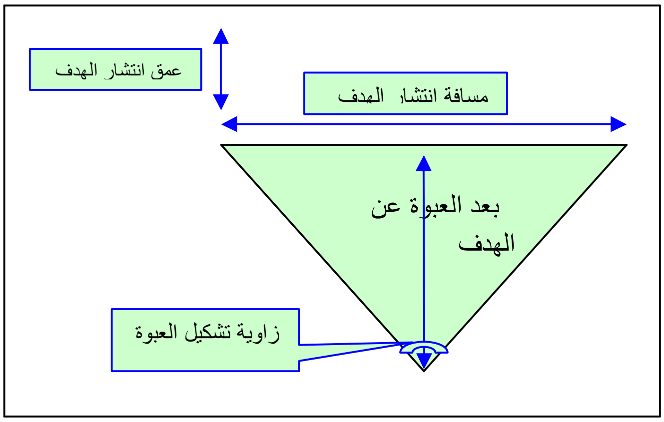
خطوات تصنيع العبوة التلفزيونية :

سنقوم بتصنيع العبوة التلفزيونية بالامكانات المتاحة بما يتناسب مع حجم الهدف ونوعه مع التصرف بها ، بحسب نوع الشظايا ومقدار كثافة الشظايا الذي نريد في الهدف وبحسب نوع الهدف ومسافة انتشار الهدف وبعده عن العبوة .

ولتصنيع العبوة التلفزيونية هناك اكثر من أسلوب ، وسنبدأ بتصنيع قالب العبوة التلفزيونية الذي يمكننا من استنساخ وتصنيع كميات من هذا القالب وسنذكر هنا ان شاء الله قالب يصلح لأكثر من هدف .

يتحكم في تصنيع العبوة التلفزيونية ثلاث عوامل رئيسية :

١. مسافة انتشار وعمق الهدف .
٢. بعد العبوة عن الهدف .
٣. زاوية تشكيل العبوة .



قوانين تصنيع العبوة التلفزيونية :

أولا : لحساب زاوية تشكيل العبوة (وهي الزاوية التي يكون فيها انتشار الشظايا يغطي كامل مسافة انتشار الهدف المحدد) :-

ظل نصف زاوية تشكيل العبوة = المقابل (وهي نصف مسافة إنتشار الهدف بالمتر) / المجاور (بعد العبوة عن الهدف بالمتر)

لإيجاد الزاوية نضغط على الحاسبة (ظا-١) أي Shift + Tan

زاوية تشكيل العبوة (درجة) = نصف زاوية تشكيل العبوة × ٢

ثانيا : لمعرفة عدد العبوات اللازم لتغطية كامل الهدف :-

في حالة استخدام أكثر من عبوة للهدف رتل تستخدم القانون التالي مراعين فيه عدم وجود منطقة ميتة بين العبوات لا تصلها الشظايا :

عدد العبوات اللازم لتغطية كامل الهدف =
المسافة الكلية للهدف والرتل متر ÷ (مدى انتشار الشظايا لكل عبوة متر×٠,٨)

ملاحظة : في حالة كون الزاوية ١٤٥ درجة لا تغطي مجمل الهدف فنلجأ الى استخدام أكثر من عبوة لتغطية الهدف كاملا.(أي أكبر زاوية يسمح العمل بها ١٤٥درجة وذلك لضمان ايصال كثافة مناسبة من الشظايا الى الهدف).

ثالثا : حساب زاوية ميلان العبوة عن مستوى سطح الأرض :-

الأصل أن تكون زاوية ميلان العبوة عن مستوى سطح الأرض = صفر بمعنى أن العبوة تكون مرفوعة عن سطح الأرض ومتعامدة على منتصف الثلث الأول للهدف .وفي حال اضطررنا لرفع العبوة فاننا نلجأ لاستخدام القانون التالي :

ظل زاوية الارتفاع (نسبة مثلثية) درجة = المقابل / المجاور

زاوية الارتفاع (درجة) = المقابل (المنطقة الميتة التي لا يراد إيصال الشظايا لها – المنطقة الفارغة – متر) / المجاور (بعد العبوة عن الهدف متر)

لإيجاد الزاوية نضغط على الحاسبة (ظا-١) أي Shift + Tan

ملاحظة : لحساب ميلان العبوة من أعلى الى أسفل نستخدم نفس القانون .

رابعا : حساب تشتت الشظايا في سم ٢ :-

مساحة تشتت الشظية (شظية /سم٢) =مساحة الهدف سم٢ ÷ عدد الشظايا الاجمالي (شظية)

ملاحظة : المساحة المعقولة لاستخدامها في تشتت الشظايا هي ٢٢٥ سم٢ للأهداف الجانبية وهو الحد الأدنى (أي شظية في كل مربع طوله ١٥سم وعرضه١٥سم) وكحد أقصى ٦٢٥ سم٢.

خامسا : معرفة طول وعرض العبوة بالسنتمتر :

ولمعرفة ذلك يجب معرفة عدد الشظايا في طول وعرض العبوة أولا .

عرض العبوة (شظية) = √عدد الشظايا الاجمالي ÷٢

طول العبوة (شظية) = عرض العبوة (شظية) × ٢

طول العبوة (سم) = عدد الشظايا في طول العبوة × (قطر الشظية ملم ÷ ١٠)

عرض العبوة (سم) = عدد الشظايا في عرض العبوة × (قطر الشظية ملم ÷ ١٠)

سادسا : حساب سماكة المادة المتفجرة :-

يفترض أن لا تزيد سماكة طبقة الشظايا عن ثلث سماكة المادة المتفجرة في حالة وجود مادة عسكرية وأن لا يقل سماكة المادة المتفجرة عن ٣ سم وأن تتناسب المادة المتفجرة مع نوعية الشظايا ووزن وحجم الشظايا .

سماكة المادة المتفجرة (سم) = قطر الشظية (سم) أو طبقة الشظايا × (٦)

كلما كبر الرقم المضروب في قطر الشظية أكبر كلما كان التأثير أبلغ ومسافته أكبر .ولمعرفة الحد الأدنى للمعامل الذي نضرب به قطر الشظية وبما لا يتجاوز ثلث سماكة المادة المتفجرة ، هو أن كل ١ سم من المادة المتفجرة العسكرية تقذف الشظية لمسافة ٥ متر كمدى قاتل (المسافة التي تكون عندها قدرة الطلقة أو الشظية قادرة على اختراق جمجمة الإنسان).

مثال : هدف مشاة تبعد العبوة عنه ٥٠ متر احسب المعامل الذي نضرب به قطر الشظية لحساب سماكة المادة المتفجرة اذا افترضنا قطر الشظية ٧ ملم ؟

الحل : ٥٠ ÷ ٥ =١٠

إذا **<u>الحد الأدنى</u>** لسماكة المادة المتفجرة = ٠,٧ × ١٠ = ٧ سم

سابعا : حساب كمية المادة المتفجرة :-

لحساب وزن المادة المتفجرة المناسبة للهدف نستخدم القانون التالي :

وزن المادة المتفجرة (جم) = حجم العبوة (سم٣) ÷ كثافة المادة المتفجرة

كثافة مادة (TNT = ١,٦ ، C4 = ١,٧)

علما بأن حجم العبوة (سم٣) = طول العبوة (سم) × عرضها (سم) × سماكتها (سم)

ولمعرفة كثافة أي مادة فاننا نحضر وعاء ذو حجم معين ونضع المادة في داخله ثم نزن المادة لوحدها ثم بطرح وزن الوعاء ثم نخرج وزن المادة فيصبح معلوما لدينا حجم ووزن هذه المادة وبتطبيق القانون التالي نخرج كثافة المادة المتفجرة (الكثافة = الوزن ÷ الحجم)

ثامنا : ولحساب نصف القطر المستخدم رسم الزاوية نستخدم القانون التالي :-

نصف القطر (سم) = (طول العبوة (سم) ÷ ٠,٠١٧٤٦٠٣) ÷ زاوية تشكيل العبوة (درجة)

مثال تطبيقي :

هدف رتل جنود مشاة مسافة انتشاره (٥٠) متر ويمكن زرع العبوة على مسافة ١٥ مترا من الهدف (علما أن متوسط طول الجنود (١,٧) متر ، قطر الشظايا المستخدمة ٧ ملم ، المادة المتوفرة C4 . احسب الأمور اللازمة لتصنيع العبوة التلفزيونية .

الحل : **أولا : حساب زاوية تشكيل العبوة**

ظل نصف زاوية تشكيل العبوة = المقابل (وهي نصف مسافة إنتشار الهدف بالمتر)
المجاور (بعد العبوة عن الهدف بالمتر)

= ٢٥ ÷ ١٥ = ١,٦٦ = ١,٦٦ Tan + Shift = ٥٨,٩٣ درجة

إذا زاوية تشكيل العبوة (درجة) = نصف زاوية تشكيل العبوة × ٢

زاوية تشكيل العبوة = ٥٨,٩٣ × ٢ = ١١٧,٨ = ١١٨ درجة

ثالثا : حساب زاوية ميلان العبوة عن مستوى سطح الأرض

سنرفع العبوة عن سطح الأرض لتكون متعامدة على منتصف الثلث الأول للمنطقة القاتلة للهدف ولتكن على ارتفاع (٧٠) سم تقريبا .

رابعا : حساب تشتت الشظايا في سم ٢

مساحة تشتت الشظية (شظية /سم٢) = مساحة الهدف سم٢÷ عدد الشظايا الاجمالي (شظية)

= مساحة الهدف سم٢ = مسافة انتشار الهدف سم٢ × ارتفاع الهدف سم٢

= ٥٠ × ١٠٠ × ١,٧ × ١٠٠ = ٨٥٠٠٠٠ سم٢

سنفرض أننا نريد أن نصيب الهدف بكل ٢٥ سم٢ شظية أي أن مساحة تشتت الشظايا = ٢٥×٢٥=٦٢٥ سم٢

اذا عدد الشظايا اللازم للعبوة = مساحة الهدف سم٢ ÷ مساحة تشتت الشظية (شظية /سم٢)

= ٨٥٠٠٠٠ ÷ ٦٢٥ = ١٣٦٠ شظية

خامسا : معرفة طول وعرض العبوة بالسنتمتر

عرض العبوة (شظية) = عدد الشظايا الاجمالي ÷٢

طول العبوة (شظية) = عرض العبوة (شظية) × ٢

عرض العبوة (شظية) = √(١٣٦٠ ÷ ٢) = ٢٦ شظية

طول العبوة (شظية) = ٢٦ × ٢ = ٥٢ شظية

عرض العبوة (سم) = عدد الشظايا في عرض العبوة × (قطر الشظية ملم ÷ ١٠)

= ٢٦ × ٠,٦ = ١٥,٦ = ١٦ سم

طول العبوة (سم) = عدد الشظايا في طول العبوة × (قطر الشظية ملم ÷ ١٠)

= ٥٢ × ٠,٦ = ٣١,٢ = **٣١ سم**

سادسا : حساب سماكة المادة المتفجرة :-

سماكة المادة المتفجرة (سم) = قطر الشظية (سم) أو طبقة الشظايا × (٦)

= ٠,٦ × ١٣ = ٧,٨ = ٨ سم

ويمكن مضاعفة كثافة الشظايا في الهدف عن طريق استخدام طبقتين من الشظايا

سابعا : حساب كمية المادة المتفجرة :-

وزن المادة المتفجرة (جم) = حجم العبوة (سم٣) ÷ كثافة المادة المتفجرة

حجم العبوة (سم٣) = طول العبوة (سم) × عرضها (سم) × سماكتها (سم)

= (١٦ × ٣١ × ٨) ÷ ١,٧ =

وزن المادة المتفجرة (جم) = ٣٩٦٨ ÷ ١,٧ = ٢٣٣٤ = ٢٥٠٠ جم تقريبا

ثامنا : ولحساب نصف القطر المستخدم رسم الزاوية نستخدم القانون التالي :-

نصف القطر(سم) = (طول العبوة (سم) ÷ ٠,٠١٧٤٦٠٣) ÷ زاوية تشكيل العبوة (درجة)

= (٣١ ÷ ٠,٠١٧٤٦٠٣) ÷ ١١٨

نصف القطر(سم) =١٧٧٥,٤٥٦ ÷ ١١٨ = ١٥ سم

الجدول التنفيذي لتصنيع العبوة التلفزيونية	
البيان	**القيمة**
بعد العبوة عن الهدف	١٥م
طول العبوة	٣١سم
عرض العبوة	١٦سم
سماكة المتفجرات	٨سم
زاوية تشكيل العبوة	١١٨ درجة
نصف قطر دائرة العبوة	١٥ سم
عدد الشظايا	١٣٦٠ شظية
سماكة الشظايا	٦ ملم
وزن المتفجرات	٢٥٠٠ جرام

=== انتهى حل المثال ===

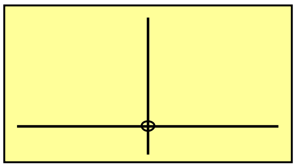
واليكم هذا النموذج الفعال وأبعاده كالتالي :

السماكة ١٠سم من الأطراف و٦سم في أقصى التقعر ، وبارتفاع ٢٣سم و عرضها يساوي ٣٥ سم من الامام والخلف –

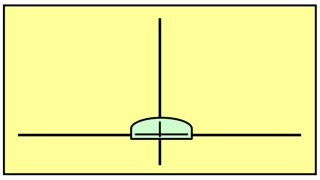
وزن المادة داخل العبوة : ٨ كيلو جرام TNT صب– والوزن الكلي: ١٣,٥ كيلو جرام .

خطوات تصنيع قالب العبوة التلفزيونية :-

بعد تحديد الهدف من حيث نوع ومسافة انتشاره وبعده عن العبوة وبالنظر إلى حجم امكانياتنا نقوم بالخطوات التالية :

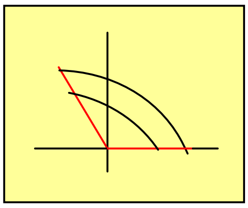


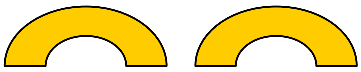
١. نحضر لوح خشب أبلاكاج ونرسم عليه خطين متعامدين بنفس نصف قطر العبوة الناتج + ٢ سم والموجود في الجدول.

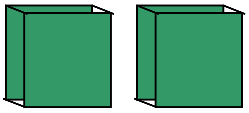


٢. نحدد زاوية تشكيل العبوة –المأخوذة من الجدول (نق + ١ سم)- على اللوح بواسطة المنقلة ، عن طريق مطابقة الخط المتعامد في المنقلة (٠-٩٠) والخط الأفقي لها مع الخطين المرسومين على اللوح ، ثم نخط خطا من مركز تقاطع الخطين الى نقطة تحديد زاوية تشكيل العبوة . على الخط و نرسم زاوية العبوة التي نأخذ من الجدول أيضاً .

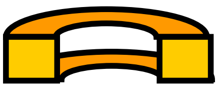
٣. نرسم قوس بواسطة الفرجار مركزه نقطة تقاطع الخطين المتعامدين ، يبدأ من الخط الأفقي على اللوح منتهيا بخط زاوية تشكيل العبوة الذي تم رسمه في الخطوة السابقة . ثم نرسم قوسا آخر نصف قطره أقل من نصف قطر العبوة بمقدار سماكة المادة المتفجرة – المأخوذة من الجدول- . ثم نحددها فينتج عندنا القطعة نضع القطعة على لوح الأبلاكاج ونقص قطعة مطابقة لها .





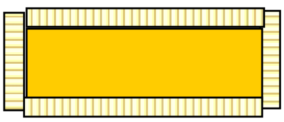


٤. ثم نقص قطعتين من الخشب مستطيلة الشكل يكون طولها مساوي لعرض العبوة وعرضها مساوي لسماكة المتفجرات وسماكتها ٠,٥ سم كما هو في الرسم .



٥. نجمع القطع كما هو في الشكل بواسطة المسامير الصغيرة أو اللاصق .

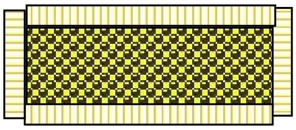
٦. نحضر رقائق النحاس والذي يستخدم في الرسم ثم نقص قطعة مستطيلة يكون طولها يساوي مجموع (طول العبوة + سماكة المتفجرات +٢سم) وعرضها يساوي مجموع (عرض العبوة + سماكة المتفجرات + ٢سم) من أجل تثبيت النحاس بالخشب . وبعد قص قطعة النحاس يتم تثبيتها على وجهة العبوة من الخارج أي من جهة التحديب بواسطة المسامير أو الكباسة ، على أن يتم قص ٢ سم الاضافية من النحاس إلى قطع مستطيلة لسهولة ثنيها وتشكيلها .



٧. بعد ذلك يتم وضع الشظايا المفترض تم تجهيزها بالخطوات التالية :

❖ تجهيز مستطيل من الخشب أو أي جسم آخر له حواف بنفس طول وعرض العبوة .

❖ وضع طبقة رقييقة من النايلون المستخدم في تغليف الأطعمة.



❖ وضع كمية الشظايا المقررة بشكل مرتب ومنظم ومتراص .

❖ وضع طبقة رقيقة من الصمغ أو الأغو فوقها بحيث لا يزيد عن سمك الشظية وتركها تجف .

٨. بعد ذلك يتم وضع ورقة عازلة بين المتفجرات والشظايا .

٩. اضافة المادة المتفجرة في وعاء العبوة وضغطها دون الاخلال بشكل العبوة ، ويفضل أن تكون من المتفجرات السريعة والعجينية أو من المتوفر ولها قدرة قذف عالية حيث يمكن تشكيلها للتناسب مع شكل العبوة (عجينية ، صهر ، بودرة) انظر مذكرة توجيهات اعداد ومن ثم وضع ورقة عازلة ومن ثم تثبيتها جيداً وتغليفها باللاصق العريض أو النايلون .. .

١٠. بعد ذلك حفر مكان للصاعق في الثلث الأخير للعبوة (مراعين شروط وضع الصاعق) ، ومن ثم توصيله بالدائرة المعدة .

ملاحظة : لزيادة قوة اختراق الشظايا وزيادة المدى القاتل يمكننا زيادة كمية من المادة المتفجرة وجعل شكل العبوة من الخلف على شكل مخروط .

ملاحظات وطرق لعمل القالب والاستنساخ :

بعد تجهيز الجدول التنفيذي لتصنيع العبوة التلفزيونية أو بعد جمع الشكل الخارجي للعبوة كما في خطوة رقم ٥ ، يمكننا الآن من تصميم القالب الذي سنستنسخ عنه العدد المطلوب من العبوات في حال اعتماد نموذج معين لأهداف ، بل يمكننا بعد تصنيع القالب من الاستغناء عن الكثير من الحسابات واتقان التصنيع في القالب واضافة بعض التحسينات التي تخدم العبوة في زيادة كثافة الشظايا في الهدف وضبط التوجيه ، **هناك أكثر من أسلوب لعمل القالب :**

أولا : بواسطة الجبص :

❖ فعند تشكيل قالب العبوة كما في الخطوة رقم ٥ فاننا نضع كيس رقيق المستخدم في تغليف الطعمة ونفرده على القالب ،

❖ ثم نقوم بملئ القالب بالجبص بعد خلطه بالماء ليصبح كالعجينة ونضعه في داخل القالب وفي هذه الحالة سيكون الجبص معزولا عن الخشب بسبب وجود الكيس الذي قمنا بوضعه.

❖ بعد ذلك نقوم باحضار (فرامة الملوخية اليدوية) لعمل التقعير المناسب للعبوة وذلك بعد ترك مسافة مناسبة على طرفي العبوة للمساهمة في زيادة زاوية انتشار الشظايا وذلك بحسابها كالتالي :

❖ (طول العبوة × ٠,٢٢) ÷ ٢ وبذلك ينتج لدينا المسافة التي يجب تركها عند كل طرف من طول العبوة ، فمثلا طول العبوة ٣١سم كم المسافة التي يجب تركها بدون تقعير عند طرفي العبوة ؟(٣١ × ٠,٢٢) ÷٢ = ٣,٥ سم تقريبا عند كل طرف .

وترجع أهمية التقعير في تركيز معظم الشظايا في المنطقة القاتلة للهدف وللحفاظ عليها من عدم التشتت ، فمجمل التجارب التي أجريت على العبوة التلفزيونية وجد أن العبوة التي لا يوجد بها تقعير أن نسبة ثلث الشظايا تضيع خارج الهدف جزء أعلى من الهدف والجزء الآخر في الأرض في حال هذا في حال ضبط التوجيه ، لذا نؤكد على أهمية وضرورة عمل التقعير ، ولا يعني أن العبوة التي ليسها تقعير غير فاعلة !! الا أنها بلا شك أقل فاعلية .

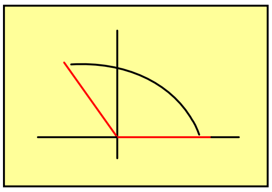
ولحساب نصف القطر المستخدم في تصنيع أداة التقعير في حال عدم توفر فرامة الملوخية علما أن أفضل نصف قطر لدائرة التقعير ولتركيز الشظايا في عرض ٧٠ سم تقريبا هو ٥٠ سم :-

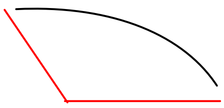
نصف القطر التقعير (سم) = (عرض العبوة (سم) ÷ ٠,٠١٧٤٦٠٣) ÷ زاوية تشكيل العبوة (درجة)

فمثلا اذا كان عرض العبوة هو ١٦ سم فان زاوية التشكيل للأداة =

زاوية تشكيل العبوة = (١٦ ÷ ٠,٠١٧٤٦٠٣) ÷ نصف القطر التقعير (سم)

زاوية تشكيل العبوة = (١٦ ÷ ٠,٠١٧٤٦٠٣) ÷ ٥٠





= ١٨,٣ درجة + ٢سم لتصنيع حواف أداة التقعير

= ٢٠,٣ = ٢١ سم تقريبا .

بالرجوع الى الخطوة الثالثة فاننا نقص كامل ناتج الزاوية لنستطيع مسكها والتحكم بها على أن تكون قاسية .

عمل قالب عبوة من مادة الألياف الزجاجية (الفيبرجلاس) :

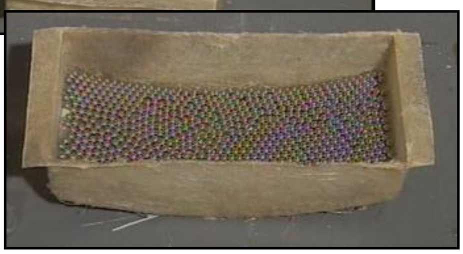
قبل البدء بهذه الخطوات نذكر بأنه يمكننا أن نلجأ الى الاستفادة من المعامل والمصانع والمهن لمتوفرة لسهولة وسرعة ودقة الإنتاج

عمل قالب من الخشب أو المعدن :

يكننا أخذ قالب الجبص بعد نزعه من الخشب والطلب من النجار عمل قالب خشب مثله ، أو أخذ القالب في الخطوة رقم ٥ وأخذه الى النجار والطلب منه عمل قالب بحيث يراعي التقعير المعمول بواسطة الفرامة ، يعمله بسهولة.

كما ويمكنك صب قالب معدني من الألمنيوم مثلا بنفس القالب الخشبي وأخذه لمعمل البلاستيك بامكانه أن يعمل لك الكمية التي تريدها من قوالب العبوة وبالشكل المناسب والقساوة المناسبة .

خطوات عمل قالب العبوة من مادة الألياف الزجاجية (الفيبرجلاس) :

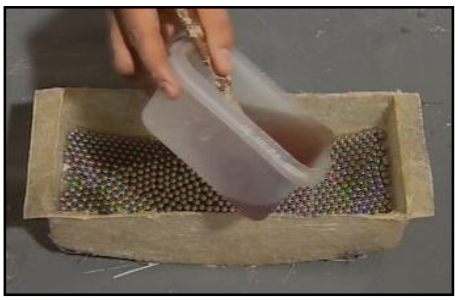


١. نقوم بدهن القالب بمادة عازلة كالزيت لتسهيل عملية نزع القالب بعد تشكله .

٢. نقوم بوضع طبقة من الألياف الزجاجية على القالب ، ومن ثم ندهن الألياف الزجاجية بالمادة الخاصة بها والمتوفرة عند بائعي الأصباغ وكذلك صانعي الخزانات وهي مكونة من مادة رغوية – بولستر– ومادة مثبتة – كتلز – ومادة تساعد في تسريع الجفاف في الشتاء – كوبالت – ويمكن الاستعاضة عنه باضافة بودرة الأطفال، كما ويمكن اضافة ملونات عند الحاجة ، لكل لتر مادة رغوية نضيف لها ٥-١٠ مللتر وكذالك نفس النسبة من الكوبالت .

نكرر العملية مرة أخرى باضافة طبقة من الألياف الزجاجية ثانية وثالثة ان لزم قبلت أن يجف ، ونتأكد من عدم ترك فراغات مع التأكيد على عدم ملامسة المادة اللاصقة للجلد .ونترك المادة لتجف بعد أن أخذت شكل القالب .

٣. نقوم بنزع قالب الفيبرجلاس بعد جفافه ووضع الشظايا



٤. نضع المادة اللاصقة وهي نفس المادة التي قمنا باستخدامها في تثبيت الفيبرجلاس ، يجب مراعاة أن تزيد المادة اللاصقة على سماكة طبقة الشظايا ، وذلك للمحافظة على شكل المادة المتفجرة والتي ستقوم بدورها بقذف الشظايا بحسب الزاوية المقرة كما يمكنا سحب الفائض من المادة بواسطة الحقن بدون الابرة ، والا لن نستفيد من تشكيل العبوة ، لذلك تعتبر مرحلة تثبيت الشظايا مرحلة مهمة لما لها من دور مباشر في التأثير على سير الموجة الإنفجارية سلب أو إيجابا .

٥. بعد جفاف المادة اللاصقة على الشظايا نقوم بوضع ورقة كعازل بينها وبين المادة المتفجرة ، ومن ثم اضافة المادة المتفجرة ، في الصورة تم اضافة مادة نترات اليوريا حيث يمكن اضافة أي مادة أخرى وأفضلها المواد العجينية مثل C4 .

٦. نقوم بعدها بوضع ورقة كعازل ثم تثبيتها بواسطة اللاصق المعدني أو البلاستيكي وفتح مكان لتثبيت الصاعق من الخلف .

بذلك تصبح العبوة جاهزة بعد اضافة آلية التفجير والتمويه المناسب للعبوة .

- ❖ نأتي بالعبوة إلى أرض الميدان .
- ❖ نضع العبوة بمواجهة الهدف والذي يبعد ١٠ أمتار .
- ❖ نسدد باتجاه وسط الهدف بشكل جيد .
- ❖ نضع الصاعق في وسط العبوة من الخلف .
- ❖ نقوم بعملية التفجير أثر الشظايا على الهدف .
- ❖ عرض الحزمة أفقي ١٠أمتار ارتفاع الحزمة عامودي٢متر قدرة الخرق أكثر من ٢ ملم الكثافة أكثر من ٣٠ شظية في المتر المربع الواحد .

بعض التصميمات المختلفة الاستخدام للعبوات

أولا: عبـــوة البرميــــل (العبوة العصفية المفردة)

- هي حشوة مركزة ذات حجم كبير من ١٠-٥٠ كجم
- الكابح المستخدم حديد.
- تستخدم كعبوة أرضية للدبابات.
- تستخدم كعبوة مركزة لنسف المباني.
- تزرع في الأرض بعمق ٥٠ سم و يكون الصاعق في الأسفل.
- تستخدم كبديل للعبوات الموجهة في حال عدم وجودها.

استخدامات العبوة البرميلية:

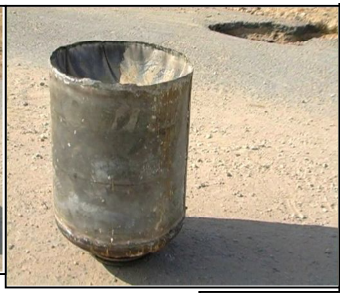
❖ **تستخدم العبوة البرميلية كحشوة مركزة من أجل تدمير المباني:** و يتم اللجوء إلى هذه الطريقة في الأوقات السريعة التي لا يكون فيها وقت لاستخدام حشوات حول الأعمدة في المبنى. و تستخدم في حالات التشريك عندما ننوي تشريك مبنى و لا يوجد مكان لإخفاء العبوات و في هذه الحالات يتم وضع الحشوات مدفونة في منطقة التقاء رقبات القاعدة مع حزام المنزل مع الأعمدة حيث تكون منطقة مفصل في حديد الباطون المسلح و عند انهياره فإن الحديد ينفصل عن بعضه و يتم تفتيت الباطون، في هذه الحالة نقوم بوضع حشوات موزعة في الوسط والأطراف ليكون انهيار المبنى بالكامل في جهة نحن نحددها، و يمكن استخدام في الحشوات جميع أنواع المتفجرات مثلاً يمكن استخدام الخلطة من نترات اليوريا و نترات الأمونيوم و النيتروجليكول أو نترات اليوريا وحدها أو TNTصب إلخ.... .

ارجع الي باب النسف والتخريب لمعرفة كيفية استخدامها في نسف المباني والقوانين المتبعة

شكل العبوة البرميلية المستخدمة في المباني

❖ **<u>استخدام العبوة البرميلية كعبوة أرضية:</u>** في البداية لابد أن ننوه أننا نقيم العبوة الأرضية من خلال الاختراق في الحديد المصمت و ليس من خلال حجم الحفرة أو الدخان المتصاعد، و لذلك تعتبر عبوات الحشوة الجوفاء أنجح من العبوة البرميلية في الاستخدامات الخاصة بالدبابات. و عليه فإن البراميل المستخدمة في الميدان تتكون من كابح حديدي أو بلاستيكي و يكون شكل البرميل اسطواني الشكل و محدب من الجهتين الآخرتين و عليه فإنه عند انفجار البرميل لن يخرج بفعل الانفجار نفث يخترق في أسفل و لكن سيكون انفجار كبير و حفرة قطرها ٦ متر و عمقها ٣ متر و إعطاب كبير للدبابة، و بذلك لن نحصل على قتل في الجنود الا في دبابات تدريعها اخف. إذا أردنا القيام بعمل يحسن من البرميل فإن ذلك ممكن من خلال تحويل الجسم المحدب و المنطقة العلوية للبرميل و تحويلها إلى منطقة مقعرة و يتم ذلك بواسطة قص الجزء المحدب و قلبه و القيام بتثبيته بواسطة ٤ نقط لحام فقط. و يتم إغلاق باقي الفراغ بواسطة سيلوكون أو أي مادة مثبت مثل الملتينة. و يتم وضع مادة متفجرة TNT صب بدل البودرة للحصول على انفجار مدوي و لكي نتفادى حرق TNT البودرة في البرميل بدل انفجاره و يتم عمل مسافة مباعدة Stand off ١ متر و نتعامل مع البرميل كعبوة أرضية موجهة.

في هذه الحالة فإننا عند تفجير العبوة في الحديد المصمت فإننا نحصل على اختراق ١٠سم على الأقل و تحطيم ١٠ سم أخرى.



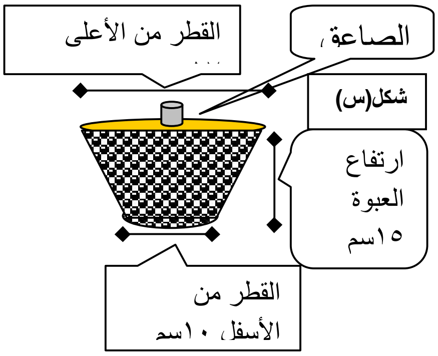
الاختراق في الحديد الناتج من العبوة البرميلية

العبوة البرميلية في وضع stand off

❖ **العبوة العصفية المزدوجة** هي عبارة عن عبوتين نفس الحجم توضعان على جهتين متجانبتين أومتقابلتين من الهدف إذا كانتا متجانبتين يترك بينهما فاصل يساوي طول الهدف.

بعض الملاحظات والقواعد في تصميم عبوات الافراد للحصول على الحد الأقصى من الفائدة :

أولاً : في حال كانت العبوات داخل الحافلات :-



أ. في حال وضع العبوة في حمالة الحقائق فوق رؤوس الركاب : وهنا يفضل استخدام العبوات ذات الشكل الأسطواني أو البابلي كما هو في الشكل (س) مع استخدام الشظايا (يمكن استخدام دلو في ذلك)

ب.في حال وضع العبوة في الباص ولكن خارج المكان المخصص للركاب وهنا يمكن أن توضع في عدة أماكن:-

١- في المكان المخصص لوضع حقائب المسافرين : ويجب وضع العبوة في وعاء قوي كي يحافظ عليها ويحميها من الصدمات والضغط داخل الصندوق المخصص لحقائب المسافرين ، خصوصاً إن كانت مصنعة من الثلج الأبيض .

٢- يمكن وضعها بجانب خزان الوقود .

٣. يمكن أن توضع بالقرب من العجلات وفي مكان التقاء العجلات مع محور الدوران أو بالقرب من أذرع التحكم بالعجلات الأمامية كأولوية .

❖ **يفضل دائماً استخدام الشظايا للاعتبارات التالية :-**

أ. الشظايا في الوسط المحصور تعمل على زيادة ضغط الانفجار .

ب. الشظايا تخترق جسم الباص بسهولة وبالتالي الاستفادة منها في إصابة الركاب والمارة .

ج. لا سيما إذا وضعت الشظايا باتجاه الأفراد وبقية منطقة التدمير للجسم بدون شظايا فتكون في هذه الحالة الاستفادة أكبر (لكل فعل رد فعل مساوي له في القوة ومعاكس له في الاتجاه) .

❖ **بالنسبة لمكان وضع العبوة في مثل هذه الحالة :-**

مراعاة استخدام :-

- الشظايا .
- اتجاه وضع الصاعق .
- زيادة سماكة جسم العبوة.
- مراعاة المنطقة الأضعف باتجاه الركاب.
- أن لا يكون فوقها حقائب

ثانياً : في حال استخدام (العبوات الجانبية) ضد الحافلات والسيارات :-

١. لا نكتفي بتوجيه العبوة نحو الهدف بل يجب تشكيلها حتى يكون التأثير أكبر بإذن الله .

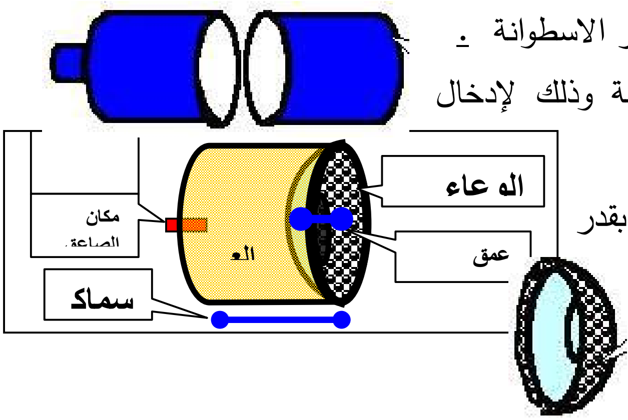
٢. عند اختيار مكان منطقة وضع العبوة يراعى فيه شروط اختيار منطقة الكمين أي يجب أن يكون الهدف يسير بسرعة بطيئة لا تتجاوز ٢٠ كم وإلا فإنه يصعب التحكم بوقت تفجير العبوة ، ففي حال التأخر عن التفجير بثانية واحدة فإن الهدف سيكون خارج تأثير العبوة هذا في حال كان يسير بسرعة . وللعلم فإن السيارة التي تسير بسرعة ٥٠كم / ساعة تقطع ١٤م في الثانية الواحدة وهذا يعني أن الهدف خرج من مجال تأثير العبوة ولن يتضرر كثيراً . أما في حال كان الهدف يسير بسرعة ١٠٠كم / ساعة فإنه يقطع في الثانية ٢٠م يعي أنه لن يتضرر .

٣. استخدام الشكل المناسب لتشكيل العبوة وهناك عدة أشكال للعبوات الموجهة والذي يتحكم بشكلها هو مساحة الهدف ونوع الهدف سيارة / أفراد ، وبعد العبوة عن الهدف ومن الأشكال المقترحة :-

<u>أولاً : العبوة الموجة بالتقعير</u> :

وهذه العبوة تستخدم ضد الأهداف الآلية التي لا يمكن ضربها إلا عن بعد ١٠ – ١٥م . وخصوصاً السيارات ويجب أن يراعى فيها التالي :-

١. أن يكون جدار الوعاء الأسطواني المستخدم من المعدن ويفضل أن يكون سميك نوعاً ما وذلك للاستفادة من قوة الموجة الانفجارية في اتجاه واحد وهو اتجاه الهدف. ولذلك نقترح استخدام اسطوانة الغاز الصغيرة التي تستخدم للرحلات ، كما ويمكن الاستفادة من الاسطوانات المعدنية (المواسير) ٦ انش . وفي حال استخدام اسطوانة الغاز تراعى الخطوات التالية :-



١. قص اسطوانة الغاز من الأسفل إي قعر الاسطوانة .

٢. فتح اسطوانة الغاز من مكان الساعة وذلك لإدخال المادة المتفجرة وتثبيت الصاعق كما بالشكل

٣.إحضار صحن معدني بلاستيكي قطره بقدر قطر اسطوانة الغاز ويكون تقعيره بقدر (٣ – ٥سم)

وذلك قبل وضع المادة المتفجرة داخل الاسطوانة

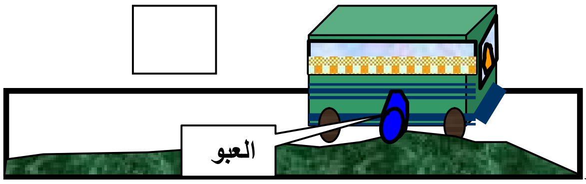
٤. تثبيت الصحن في أسفل الأسطوانة بحيث يكون التقعير للداخل (بالاستفادة من اللحام أو الشريط اللاصق أو سلكون)

٥. تثبيت الشظايا على جدار الصحن ويمكن الاستفادة من المواد اللاصقة في حال كانت الشظايا غير متساوية الحجم توضع الشظايا الأكبر حجما من جهة المادة المتفجرة .

٦. يجب أن تكون سماكة المادة المتفجرة ٦ أضعاف سماكة الشظايا .

٧. استخدام الشظايا من نوع البيلى (الكرات الفولاذية) بقطر ٨ ملم أو ١٠ ملم ويفضل وضع طبقتين .

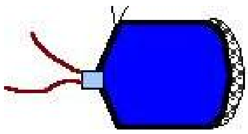
٨. عند تثبيت العبوة يجب أن تكون موازية للأرض ومتعامدة مع منتصف الباص أي (ميزان ماء) [زئبق] ويكون ارتفاعها عن سطح الأرض أقل من حافة الشبابيك السفلية بنصف متر كما هو في **الصورة**



٩. في حال تعذر استخدام اسطوانة الغاز يمكن الاستفادة من علبة سمنة زنة ٧ كغم أو علبة الحليب أو ما شابة ذلك

ثانياً : العبوات الموجه بالتحديب :

وهذه تستخدم في حال كان الهدف) قريب أقل من ٥ أمتار ولم يستطيع المجاهد تصميم العبوة التلفزيونية ، يمكن الاستفادة من اسطوانة الغاز أو علبة السمنة الـ ٧ كغم مع استخدام صحن مقعر كما هو الحال في العبوة السابقة ولكن هنا يقلب الصحن بحيث يكون التحديب للخارج وتوضع الشظايا على الجهة المحدبة من الصحن وتكون الجهة المقعرة من جهة اسطوانة الغاز حيث تملأ بالمتفجرات. وذلك كي يعطي تشتيت للشظايا بحيث تغطي الهدف



كما أن هذا النوع من العبوات يستخدم لضرب تجمعات الأفراد الثابتة أو المتحركة (دوريات راجلة أو تجمعات ، مواقف باصات ، مسيرات ، أسواق ، ..) .

ملاحظات لقص اسطوانة الغاز :-

١. تفريغ الاسطوانة من الغاز تماماً .

٢. فك محبس الغاز .

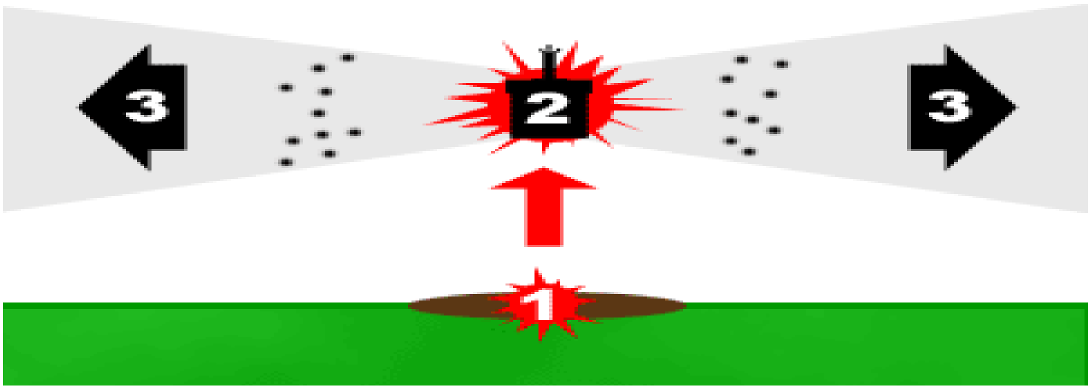
٣. غسل الاسطوانة بالماء من الداخل أكثر من مرة وتعبئتها بالماء كاملاً .

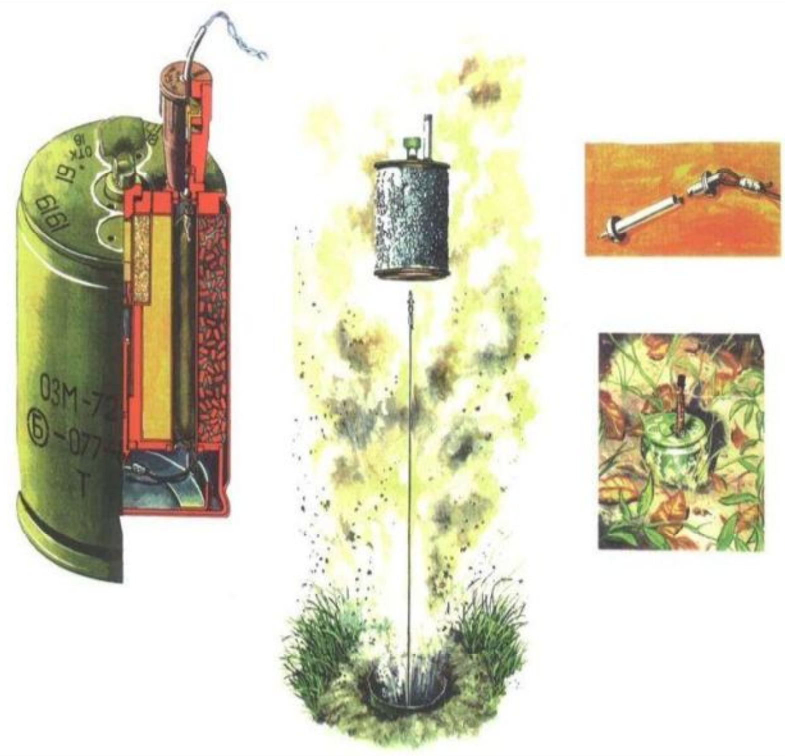
٤. يفضل قصها بالمنشار اليدوي .

٥.يراعى الانتباه لتمويه العبوة جيداً ومقاومة العمل الجنائي .

اللغـــم القفـــاز

هو عبوة متشظية تشتيتية تنتشــر شظاياها في محيط المنطقة التي انفجر فيها اللغم ٣٦٠ درجة وتنتشر الشظايا في مستوى أفقي مرتفع عن سطح الأرض بما يقارب مسافة المتر بفعل دفع اللغم عن طريق البارود وتنتشر الشـظايا بدائرة قطرها ٣٠ متر على الأقل ، ويقـل عدد الشــظايا كلما بعدت المسافة عن بؤرة التفجير .





إرشادات الزراعة والتفجير

- يفضل زراعة ثلاثة ألغام مع بعضها كحقل بشكل مثلث (رجل غراب)بحيث يبتعد كل لغم عن الآخر مسافة بين ٢٠ إلى ٣٠ متر على الأكثر وذلك للحصول على أكبر مساحة فاعلة وأكثف مساحة متشظية تصل في هذه الحالة إلى دائرة بقطر ٥٠ متر على الأقل بعون الله .
- عند حمل اللغم يراعى حمله أفقياً أو بشكل رأسي بشرط أن يكون السهم الملصق عليه للجهة العليا لتفادي إعطاب آلية التفجير.
- عند الزراعة يجب ألا يزيد عمق الجراب الخارجي عن سطح الأرض عن ١٥ سم **وألا يكون** فوقه أسمنت مصبوب أو أسفلت وذلك لعدم قدرة الدافع على اختراقها وينصح زراعتها في المناطق الرملية أو الطينية مع تربيض ما حول اللغم بشكل جيد.
- التأكد من زراعة اللغم بشكل رأسي مع توجيه السهم الملصق عليه إلي الأعلى .
- الشعلة الدافعة تعمل على المفجر (الفلاش) لذلك يجب ألا يزيد عدد الألغام المراد تفجيرها مجتمعة في مفجر واحد عن ثلاثة ألغام لتفادي فشل التفجير .
- ينصح بعدم إطالة سلك التفجير عن ١٠٠ متر خاصة إذا كان عدد الألغام المراد تفجيرها أكثر من لغم واحد.
- يجب أخذ ساتر مناسب أو حفرة أرضية عند التفجير ولو على بعد ال ١٠٠ متر وذلك خوفاً من وصول الشظايا للمجاهد .
- بعد زراعة اللغم يموه مكان الزراعة بنفس محتويات المكان المحيط .
- يمكن تفريع أكثر من نقطة تحكم (تفجير) للغم الواحد أو للمجموعة .
- التأكد من عدم وجود شحنة كهربائية على طرفي سلك المفجر قبل وصله بسلك اللغم لتفادي إشعال هذه الشحنة للدافع وبالتالي انفجار اللغم آلياً
- اللغم يفجر تلقائياً بمجرد خروجه من الجراب بقوة دفع مناسبة تكفي لسحب إبرة التفجير لذلك يجب عدم العبث به وعند حدوث أي خلل تسليمه للجهة المختصة لعلاج الخلل .
- يجب الفحص الدوري لمقاومة الشعلة مراعياً قواعد القياس والسلامة المتبعة في قياس الصواعق العسكرية .
- اللغم ينفجر على بعد متر واحد من سطح الأرض لذا يمكن الاستفادة من جراب اللغم (الماسورة) والتي لا تتأثر وتبقى في الأرض

(ملحق) العبوات العصفية للافراد وغيره:

تصمم هذه العبوات للتأثير بشكل أساسي عن طريق الموجة وحرارة الانفجار، والشظايا الناتجة عن تكسر الوعاء الذي يحتويها كتأثيرات ثانوية ويؤدي إنفجار هذه العبوة إلى التالي:

- تطاير أجزاء من الجسم جراء الموجة الانفجارية أو الشظايا أو الحطام المتطاير.
- يؤدي الارتفاع المفرط في الضغط إلى أضرار في الرئتين وفي أجزاء أخرى من الجسم. كما يؤدي أيضاً إلى أضرار في طبلة الأذن ونزيف فيها وفي الأنف، صداع وارتجاج في الدماغ والنخاع الشوكي. كما يؤدي إلى إصابات ناتجة عن قذف الإنسان بعنف نحو حاجز ثابت، أو ضربه بالحطام المتطاير، أو أن يتخبط داخل عربة منقلبة...
- حروق بسبب الحرارة واللهب الناتجين عن الإنفجار.

وتحسب كمية المتفجرات اللازمة للعبوة العصفية وفق المعادلة التالية:

$$P = 0.00003 \cdot C \cdot R^3$$

$$R = 33 \cdot C' \sqrt[3]{P}$$

حيث أن:

P = وزن المادة المتفجرة اللازمة من الـت.ن.ت/كلغ.

R = شعاع التأثير أو مدى الخطر/م.

C – C’ = معامل ارتفاع التفجير عن سطح الأرض:

	على سطح الأرض	فوق سطح الأرض 1 – 1.5 م
C	3.6	1.8
C’	0.65	0.8

٢. العبوات المتشظية:

تعتمد في تأثيرها على تأثير الشظايا الناتجة عن العبوة بعد انفجارها. وتنتج الشظايا إما عن تفتت الغلاف المعدني للعبوة، أوتكون معبأة مسبقاً داخلها. وقد يصل عددها إلى ١٠٠٠ شظية، تتطاير إلى مسافات بعيدة للأعلى وللأجناب بسرعة ٢٠٠٠–٤٠٠٠ م/ث.

- **وزن الشظية:** يتراوح بين 0.1 – 1 غرام.
- **شكل الشظية:** كروي، هرمي، مسماري ...
- **نسبة وزن المادة المتفجرة إلى وزن الشظايا:** إذا اعتبرنا أن سرعة 1200 m/s من السرعات المثالية للشظية فإن النسبة بين وزن المادة المتفجرة والوزن الكلي للشظايا وفق معادلة Gurney يساوي:

حيث أن:

C = وزن الشحنة المتفجرة.

W = الوزن الكلي للشظايا.

نوع المادة المتفجرة	معادلة النسبة
TNT	W = 4.C
C4	W = 5.C

هام جدا//عبـوة الغـاز

سنقوم بشرح لكيفية إنتاج نوعين من عبوة الغاز .

الطريقة الأولى :

مقدمة :

تصبح الحاجة ضرورية في ظل التشديد الأمني والشح في المواد العسكرية الى الاستفادة من المواد الأولية والمتداولة بين الأيدي ، ومن هذه المواد والمتواجدة في معظم الأماكن اسطوانات الغاز .

ميزات عبوة الغاز :

١. متوفرة بكثرة ومتداولة الاستخدام بين الناس .
٢. سهلة الصنع .
٣. سهلة التمويه .
٤. فاعلية عالية لا سيما في الأماكن المغلقة والمحصورة .

الإحتياجات :

١. ١.اسطوانة غاز فارغة .
٢. اسطوانة أكسوجين .
٣. اسطوانة استلين .
٤. ساعة قراءة الضغط للغازات .
٥. الوصل بين جرة الغاز ومنظم خروج الغاز .
٦. أعواد ثقاب .
٧. لمبة صغيرة ١,٥ فولت
٨. أسلاك توصيل .
٩. لاصق معدني (AR) .
١٠. شمع .
١١. جهاز قياس آفوميتر .
١٢. مفتاح اسطوانة الغاز + جلدة لإحكام إغلاق اسطوانة الغاز .

خطوات العمل :

١. نحضر اسطوانة غاز فارغة مع مراعاة أن تكون سليمة وغير متعرضة لصدمات أو اهتراء .

٢. نحضر اسطوانة غاز أسيتيلين والمستخدم في لحام الأكسجين ونجده في محلات الحدادة .

٣. نحضر اسطوانة غاز أكسجين والمستخدم في لحام الأكسجين ونجده في محلات الحدادة ، وفي المستشفيات ، مع توفير ساعات قياس الضغط الخاصة بالغازات وكذلك الأنبوب البلاستيكي الخاص بالتوصيل كما نشاهد في الصورة .

٤. نقوم بتركيب الوصلة الخاصة بالساعة مع ضرورة تركيب الجلدة لمنع تسرب الغاز .

٥. نقوم بتوصيل الأنبوب بين اسطوانة الغاز وبين اسطوانة غاز الأسسيتيلين

٦. نقوم بتعبئة اسطوانة الغاز الفارغة بـ ٣ بار أسيتيلين ثم بـ ٨ بار أكسجين ونؤكد على أن يكون الأسيتيلين أولا ، وذلك بعد وصل الأنبوب بين الاسطوانتين
ليصبح مجموع ما قمنا بتعبئته ١١ بار (٣بار أسيتيلين و ٨ بار أكسجين) .

<u>ملاحظة هامة :</u> يجب إحكام إغلاق اسطوانة الغاز جيدا بعد تعبئتها وفحصها بواسطة الرغوة (ماء وصابون) وبالتالي احتمالية انفجارها عند تقريبها من مصدر حراري وارد وكذلك لا تصبح الاسطوانة قابلة للانفجار في حال تسرب جزء من الغاز ، كما يمنع تقريب أي مصدر حراري بالقرب من اسطوانة الغاز المعبأة .

٧. نقوم بتجهيز المشعل الكهربائي الخاص بعبوة الغاز .

<u>الأدوات التي نحتاجها لصنع المشعل :</u>

- ❖ ماسورة حلقة الشد الخاصة بمنظم اسطوانة الغاز .
- ❖ أعواد ثقاب .
- ❖ لمبة ١,٥ فولت .
- ❖ ورقة حف ناعمة .
- ❖ معجون لاصق (سريع الجفاف Bو A) .
- ❖ شمع .
- ❖ جلدة الخاصة بإحكام الماسورة وحلقة الشد .
- ❖ جهاز الآفوميتر .

<u>خطوات عمل المشعل :</u>

- ❖ نقوم بطحن رؤوس أعواد الثقاب مع الحرص على عدم احتوائها على بقايا خشب .
- ❖ نحف رأس اللمبة على ورقة الحف لكسر الرأس (مقدمة اللمبة) مع ضرورة المحافظة على سلك التنجستين داخل اللمبة .
- ❖ نقوم بفحص اللمبة بواسطة جهاز الآفوميتر للتأكد من سلامتها .
- ❖ نقوم بإدخال اللمبة في الماسورة .

❖ نحكم إغلاق الطرف الآخر بواسطة المعجون اللاصق عن طريق خلطهما مع بعضهما جيدا بنسب النسب ، ثم نقوم بتعبئة الماسورة من الخلف جيدا ونتركه حتى يجف تماما .

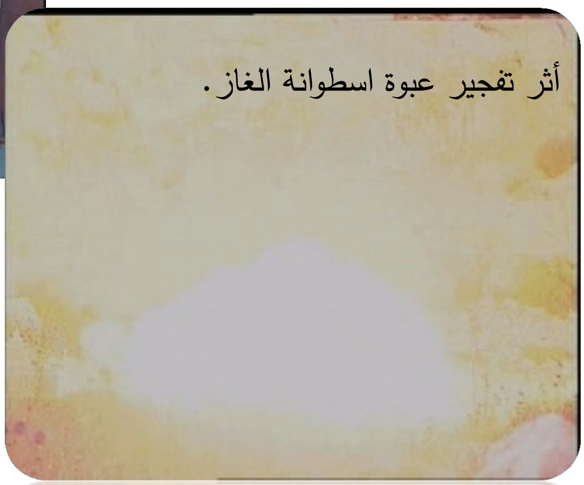
❖ نضع مسحوق أعواد الثقاب في داخل اللمبة والماسورة .

❖ نضع نقاط من الشمع في فوهة الماسورة فوق الكبريت لمنع تساقطه .

❖ نقوم بوضع الجلدة الخاصة باحكام اغلاق حلقة الشد ، وبذلك يكون المشعل قد أصبح جاهزا للاستخدام .

❖ يفضل تجريب المشعل قبل الاستخدام عند تصنيعه في بدايات العمل .

١٠. نقوم بتركيب مشعل التفجير في اسطوانة الغاز وإحكام إغلاقه بعد تنظيف المسننات بقطنة مبللة.



طريقة أخرى لصنع عبوة الغاز

نفس الخطوات السابقة ونفس الأدوات التي نحتاجها إلا أننا هنا سنقوم بالاستعاضة عن الأستيلين بالغاز الموجود في الجرة أصلا وبنفس النسب المستخدمة في العبوة الأولى .

- نحضر اسطوانة غاز بها كمية قليلة من الغاز ٣ بار .
- نقوم بتعبئة اسطوانة الغاز بالأكسجين بـ ٨ بار .
- نقوم بتثبيت مشعل التفجير لتصبح العبوة جاهزة.

أثر تفجير اسطوانة عبوة الغاز

ملاحظات هامة :

١. التأكد من وجود صمام عدم الإرجاع وسلامته في الساعة المستخدمة في كلا من جرة الأكسوجين والأستيلين .
٢. التأكد من حجم الضغط التي تستوعبه جرة الغاز في كل بلد وبعدها نحسب نسبة الغاز الذي يجب أن تعبأ به الجرة نسبة وتناسب مع النسبة المقدمة في البحث .
٣. ضرورة معرفة كيفية قراءة الساعة .
٤. التقيد بالنسب المحددة للتعبئة لأن الخلل في ذلك سيؤدي إلى عدم انفجار الجرة .
٥. إغلاق الجرة جيدا بعد كل مرحلة تعبئة والتأكد من عدم تسرب الغاز بواسطة الرغوة (اسفنجة + سائل جلي +ماء).
٦. استخدام جلدة الغاز لإحكام إغلاق صمام الغاز .
٧. يمنع استخدام النار أو تقريب أي مصدر حراري أثناء التعبئة .
٨. التأكد من عدم وجود أي أثر لبودرة أعواد الثقاب على المسننات قبل تركيب المشعل ، لذا يجب ترطيب ومسح المسننات باستخدام قطنة مبللة .

٩. يمنع تركيب المشعل قبل التأكد من جفاف اللاصق جيدا .
١٠. التأكد من سلامة توصيل المشعل بواسطة اللاصق جيدا لأن فتح صمام الجرة قبل جفاف اللاصق يؤدي إلى تسرب الغاز وبالتالي اختلال نسبة الغاز وادم حدوث الانفجار .
١١. عند تركيب المشعل يجب إدخال اللمبة إلى داخل القطعة المستخدمة في منظم الساعة كي لا تتكسر وينقطع سلك التنجستين .
١٢. السلكين الخارجين من الجرة نلفهما بواسطة لاصق يفضل استخدام الأسلاك الشعرية كي لا تنقطع أثناء الحركة .
١٣. يضاف للجرة الآلية المناسبة لتفجير ((توقيت شرك – عن بعد – مباشر)) .
١٤. ضرورة فتح صمام الجرة عند زرع العبوة قبل الانسحاب .

موارد الاستفادة من عبوة اسطوانة الغاز (في كلا العبوتين) :

توجه الاستفادة من عبوة اسطوانة الغاز بالدرجة الرئيسة ضد الأهداف البشرية على النحو التالي :

١. في داخل المنازل لا سيما البيوت المتوقع مداهمتها و هدمها .
٢. في أماكن التقرب المحتملة للعدو لا سيما الطرق الضيقة ((يجب الانتباه إلى القوات الصديقة والأهالي عند التفجير .
٣. عبوات مساعدة في السيارات المفخخة (توصل الاسطوانات مع بعضها ومع العبوة بالتوازي)
٤. توضع في الأماكن القابلة للاشتعال (محطات وقود – معامل أخشاب – حقول قمح في موسم الحصاد .
٥. يمكن وضع العبوة جانب أو أسفل السيارات الغير مصفحة لا سيما عند المنعطفات .
٦. عند الكمائن في الليل لإضاءة وتثبيت الهدف .
٧. ممكن الاستفادة من جرة الغاز الممتلئة دون إضافة أيا من الأكسجين أو الأستيلين وذلك بوضع ١٥٠ جم من ال TNT ملتصقة بالجرة في منتصف الجرة على مكان اللحام وتوجه الجرة بحيث يكون الهدف في مكان عكس وجود ال TNT سواء كان الTNT موضوع من الأسفل للاستفادة من ضغط الغاز لأعلى أو في الجانب .

هااام // قياسات ونماذج لبعض العبوات

١– العبوة التلفزيونية (شظايا ٦ ملم)

الأبعاد:

العرض	٢٠ سنتم	الوزن	٢ كلغ
الارتفاع	١٠ سنتم	المدى الفعال	١٥ متر
السماكة	٤ سنتم	المدى المؤثر	٣٠ متر

الانتشار:

يختلف ارتفاع وعرض الانتشار بحسب البعد عن اللغم ، كلما ابتعدنا عن اللغم زاد الانتشار ولكن تقل الكثافة

البعد عن اللغم	١٠ متر	١٥ متر	٢٠ متر	٢٥ متر
انتشار عرضي	١٠ متر	١٥ متر	٢٠ متر	٢٥ متر
انتشار بالارتفاع	ا متر	١,٥ متر	٢ متر	٢,٥ متر
الكثافة (شظايا٦ملم)	١٠٠ شظية/م^{2}	٤٤ شظية/م^{2}	٢٥ شظية/م^{2}	١٦ شظية/م^{2}
الكثافة (شظايا٩ملم)	٢٣ شظية/م^{2}	١٠ شظية/م^{2}	٦ شظية/م^{2}	٤ شظية/م^{2}
الكثافة (شظايا ١١ ملم)	١٥ شظية/م^{2}	٧ شظية/م^{2}	٤ شظية/م^{2}	٢ شظية/م^{2}
الكثافة (شظايا ١٦ ملم)	٧ شظية/م^{2}	٣ شظية/م^{2}	٢ شظية/م^{2}	١ شظية/م^{2}

ملاحظة : كثافة الشظايا لا تكون بنفس المستوى على عرض الحزمة، أي تكون في الوسط أعلى منها في الأطراف. القيم المذكورة في الجدول تتناسب مع وسط الحزمة.

سماكة المواد:

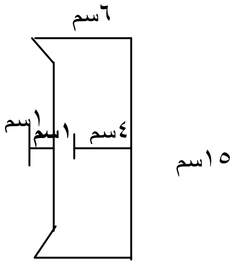
تختلف سماكة المواد (وبالتالي الوزن) بحسب حجم الشظايا:

قطر الشظايا	٦ ملم	٩ ملم	١١ ملم	١٦ ملم
سماكة المواد	٤ سنتم	٤ سنتم	٩ سنتم	١٣ سنتم
عدد الشظايا	١٠٥٠(طبقتين)	٢٣٣	١٥٢	٧١
الوزن	٢ كلغ	٢,٥ كلغ	٤ كلغ	٦ كلغ

٢- نموذج آخر للعبوة التلفزيونية

الأبعاد

العرض	٣٠ سنتم	الوزن	٥ كلغ
الارتفاع	١٥ سنتم	المدى الفعال	٢٥ متر
السماكة	٤ سنتم	المدى المؤثر	٥٠ متر



سماكة المواد

تختلف سماكة المواد (وبالتالي الوزن) بحسب حجم الشظايا:

قطر الشظايا	٦ ملم	٩ ملم	١١ ملم	١٥ ملم
سماكة المواد	٤ سنتم	٤ سنتم	٩ سنتم	١٣ سنتم
عدد الشظايا	١٥٠٠(طبقتين)	٥٥٥	٣٥٠	٢٠٠
الوزن	٥ كلغ	٦كلغ	١١ كلغ	١٥ كلغ

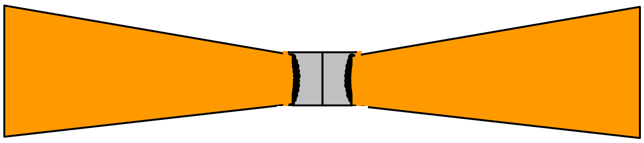
يختلف ارتفاع وعرض الانتشار بحسب البعد عن اللغم ، كلما ابتعدنا عن اللغم زاد الانتشار ولكن تقل الكثافة

البعد عن اللغم	١٠ متر	١٥ متر	٢٠ متر	٢٥ متر
انتشار عرضي	٨ متر	١٢ متر	١٦ متر	٢٠ متر
انتشار بالارتفاع	١,٧٥ متر	٢,٥ متر	٣,٥ متر	٤,٢٥ متر
الكثافة (شظايا٦ملم)	١٠٠ شظية/م^2	٤٤ شظية/م^2	٢٥ شظية/م^2	١٦ شظية/م^2
الكثافة (شظايا٩ملم)	٣٥ شظية/م^2	١٥ شظية/م^2	٩ شظية/م^2	٦ شظية/م^2
الكثافة (شظايا ١١ ملم)	٢٢ شظية/م^2	١٠ شظية/م^2	٥ شظية/م^2	٣,٥ شظية/م^2
الكثافة (شظايا ١٦ ملم)	١٣ شظية/م^2	٦ شظية/م^2	٣ شظية/م^2	٢ شظية/م^2

ملاحظة : كثافة الشظايا لا تكون بنفس المستوى على عرض الحزمة، أي تكون في الوسط أعلى منها في الأطراف. القيم المذكورة في الجدول تتناسب مع وسط الحزمة.

٣-نوذج العبوة الاسطوانية المقعرة :

وهو عبارة عن حشوة أسطوانية تم تقعير سطحها بشكل مشابه للغم التلفزيوني للحد من الانتشار العامودي للشظايا، وبذلك يغطي اللغم مختلف الجهات بحزمة ارتفاعها متر ونصف على مسافة ١٠ أمتار منه وبكثافة تقريبية ٥ شظايا بالمتر المربع.



منظر جانبي للغم الدائري
يلاحظ أنه تم تقعير السطوح للتقليل من الانتشار العامودي

الأبعاد:

القطر	١٣	الوزن الإجمالي	٣,٥ كلغ
الارتفاع	١٠ سنتم	وزن المواد المتفجرة	١,١ كلغ
المدى الفعال	١٠ متر	عدد الكرات المعدنية	٣٥٠٠-٤٠٠٠ شظية
المدى المؤثر	٢٠ متر		

تكتيك الاستخدام:

١- عندما يزرع اللغم على الارض يجب ان يكون بادىء الانفجار من اسفل اللغم كي تنتشر الشظايا بشكل تصاعدي أي من اسفل الى أعلى .

٢- عندما يزرع اللغم على جنب حافة من مسلك ، يجب ان يكون بادىء الانفجار من منتصف اللغم .

٣- عندما يزرع اللغم في منطقة أعلى من مسلك الهدف ، يجب ان يكون اللغم مقلوباً عند الزرع أي أن بادىء الانفجار من أعلى اللغم .

٤ – عبوة أفراد مركزة كبيرة

الأبعاد

القطر	٣٢ سنتم	الوزن الإجمالي	١٤–٢٢ كلغ
السماكة	١٠–١٥ سنتم	وزن المواد المتفجرة	١٠–١٥ كلغ
المدى الفعال	١٠٠–١٥٠ متر	نوع المواد المتفجرة	مركب ب أو C-4
المدى المؤثر	٢٠٠ متر	قطر الكرات المعدنية	٩–١٦ ملم

الفعالية:

تختلف فعالية العبوة ومسافة تأثيرها بحسب قطر الشظايا وذلك حسب الجدول التالي :

قطر الشظايا	عدد الشظايا	المدى الفعال	المدى المؤثر
٩,٥ ملم	١٠٠٠	١٠٠ متر	١٥٠ متر
١٣ ملم	٥٠٠	١٢٥ متر	١٥٠ متر
١٥ ملم	٣٠٠	١٥٠ متر	٢٠٠ متر

الانتشار :

يعطي لغم رعد حزمة دائرية تتسع مع المسافة:

المسافة	٢٥ متر	٥٠ متر	١٠٠ متر	١٥٠متر
قطر الانتشار	٢,٥ متر	٤,٥ متر	٨ متر	١٢ متر

٥- عبوة أفراد مركزة صغيرة

الأبعاد:

القطر	٢١ سنتم	الوزن الإجمالي	٦-١٠ كلغ
السماكة	١٠-١٥ سنتم	وزن المواد المتفجرة	٤,٥-٦,٥ كلغ
المدى الفعال	١٠٠-١٥٠ متر	نوع المواد المتفجرة	مركب ب أو C-4
المدى المؤثر	٢٠٠ متر	قطر الكرات المعدنية	٩-١٦ ملم

الفعالية:

تختلف فعالية العبوة ومسافة تأثيرها بحسب قطر الشظايا وذلك حسب الجدول التالي :

قطر الشظايا	عدد الشظايا	المدى الفعال	المدى المؤثر
٩,٥ ملم	٥٠٠	٧٥ متر	١٠٠ متر
١٣ ملم	٢٥٠	١٠٠ متر	١٢٥ متر

الحزمة:

يعطي لغم رعد حزمة دائرية تتسع مع المسافة:

المسافة	٢٥ متر	٥٠ متر	١٠٠ متر
قطر الانتشار	٢,٥ متر	٤,٥ متر	٨ متر

٦- عبوة مضادة للدروع:

عبوة موجهة بلاطة دون تقعر

المواصفات:

القطر	٢٥ سنتم	الوزن الإجمالي	١٦ كلغ
السماكة	١٣ سنتم	وزن المواد المتفجرة	٩كلغ
المدى الفعال	١-٣٠ متر	نوع المواد المتفجرة	مركب ب أو C-4
المدى المؤثر	٥٠ متر	سماكة الصحن	١٢-٢٥ ملم
قدرة الاختراق	١٠ سم فولاذ	نوع مادة الصحن	حديد

٧- عبوة مضادة للدروع صغيرة (صحنية)

المواصفات

القطر	٢٥ سنتم	الوزن الإجمالي	٧,٥ كلغ
السماكة	١٣ سنتم	وزن المواد المتفجرة	٣,٣كلغ
المدى الفعال	١٠ متر	نوع المواد المتفجرة	مركب ب أو C-4
المدى المؤثر	٢٥ متر	سماكة الصحن	٤-١٢ ملم
قدرة الاختراق	٧ سم فولاذ	نوع مادة الصحن	حديد

٨- عبوة مضادة للدروع (جوفاء)

المواصفات

القطر	٢٨ سنتم	الوزن الإجمالي	٩ كلغ
السماكة	١٠ سنتم	وزن المواد المتفجرة	٥,٥ كلغ
قدرة الاختراق	٢٥ سم فولاذ	نوع المواد المتفجرة	مركب ب أو C-4
الفاصلة	٥٠ سم	سماكة القمع	٣ ملم
زاوية القمع	١٢٠ درجة	نوع مادة القمع	نحاس أحمر

٩- عبوة مضادة للدروع (جوفاء)

المواصفات

القطر	١٥ سنتم	الوزن الإجمالي	٣,٥ كلغ
السماكة	١٠ سنتم	وزن المواد المتفجرة	٢,٥ كلغ
قدرة الاختراق	١٨ سم فولاذ	نوع المواد المتفجرة	مركب ب أو C-4
الفاصلة	٥٠ سم	سماكة القمع	٣ ملم
زاوية القمع	١٢٠ درجة	نوع مادة القمع	نحاس أحمر

ملاحظة: العبوات الدولية ومواصفاتها سنذكر تفاصيلها عند الحديث عن الالغام

نصائح للمجاهدين مستخدمي العبوات

لذا ننصح بإتباع الآتي :

١. **تكون لدي المجاهد حقيبة صغيرة تحتوي على:**

ساعة فحص + مشرط + لفة تب + قطاعة صغيرة + بكرة سلك + ميناتور تفجير.

٢. **الجاهزية المسبقة قبل الدخول لمنطقة الحدث:**

- فحص العبوة المسبق والسلك و المفجر كما سبق.
- ترتيب أغراض العمل تحسباً لحدوث شئ مفاجئ بحسب منطقة العمل.
- تحديد دور كل مجاهد وتحديد منطقة العمل الخاصة به مسبقاً ،والتنسيق مع المجموعات الأخرى.
- التحديد المسبق لمكان العبوة.

٣ . **أثناء العمل:**

- لف السلك على البكرة وبشكل جيد.
- التجريد المسبق للسلك.
- وضع تب على أطراف السلك لتلافى تلامس الأسلاك.
- ربط سلك العبوة فى مكان حملها كى نتحاشى تمزيق السلك و فصله عن العبوة.
- عدم وضع العبوة على السلك خوفاً من قطعه.
- التمويه الجيد للعبوة ويجب أن يكون جهاز التفجير مع من يزرع العبوة.

وصل الصاعق وإتباع التالي:

- التأكد من مكان الصاعق فى العبوة سليم وفارغ.
- عدم إدخال الصاعق بالقوة.
- ربط الصاعق بالعبوة ، بالمسننات الخاصة به والتأكد من عدم انفلات الصاعق.

٤ . **بعد العمل و أثناء انتظار الهدف.**

- الوقوف وراء ساتر ومسافة أمنة ، حيث انه يوجد جزء فاقد من الانفجار إلى الخلف يتحول إلى شظايا.
- عدم شبك المفجر بالعبوة إلا حين قدوم الهدف خوفاً من عبث العابثين ، أو استهداف العدو للمنطقة التي يتواجد بها المجاهدين.

أمور خاصة بعمل المجاهد المختص بالتفجير.

- ضرورة اعتماده على رؤيته الذاتية (صوت وصورة) وليس على إشارة زميله إلا للضرورة.
- عدم تفجير العبوة قبل أو بعد الدبابة (كالذي يطلق رصاصة أمام وجه شخص ما)
- عدم الانتباه لصراخ الناس (عاطفة) فكن هادئاً بعيداً عن الانفعال .

استخدامات العبوة الناسفة

إن عدد الطرق التي يمكن فيها استخدام العبوات الناسفة تقتصر فقط على مخيلة المستخدم. فالعبوات الناسفة يمكن استخدامها في العمليات الدفاعية أو الهجومية، كما يمكن استخدامها بشكل متحكم به أو كعبوات مفخخة.

❑ **في الدفاع:** تستخدم العبوات الناسفة في الدفاع للأغراض التالية:-

- ❖ تغطية النقاط الميتة.
- ❖ تأمين حيطة المراكز الحدودية، المعسكرات الدائمة والمؤقتة.
- ❖ تأمين حيطة مراكز القيادة، الاتصال، قوات الاحتياط ...
- ❖ إغلاق الطرق وتعزيز الحواجز والعوائق.
- ❖ كمصائد مغفلين (أفخاخ).
- ❖ تغطية عمليات الانسحاب والتراجع.
- ❖ تغطية المناطق المحتملة للإنزال الجوي.

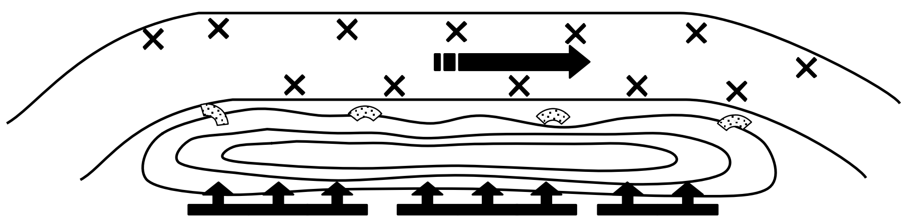
❑ **في الهجوم:**

العمليات الهجومية: تستخدم العبوات في جميع مراحل العملية الهجومية للأغراض التالية:

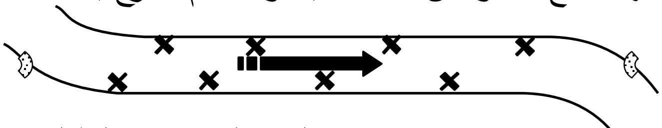
- ❖ حماية منطقة التجمع.
- ❖ تأمين حيطة المجنبات وعناصر الإسناد ومراكز القيادة والاتصال والقوات الاحتياطية.
- ❖ فتح الثغرات (حقول ألغام، حواجز، جدران...).
- ❖ تدمير منشآت العدو ومعداته.

الكمين: إن استخدام العبوة الناسفة يعتبر وسيلة اقتصادية لتحقيق كمائن فعالة في عمق مناطق العدو باستخدام الحد الأدنى من العناصر الصديقة:

١- **جانبياً وعلى طول بقعة القتل بين عناصر الكمين وبقعة القتل:** هذه الطريقة تؤدي إلى أضرار جسيمة في العدو (خاصة إذا كانت الجهة المقابلة عبارة عن جرف أو منحدر). كما أنها تمنعه من القيام بانقضاض مباشر على عناصر الكمين.

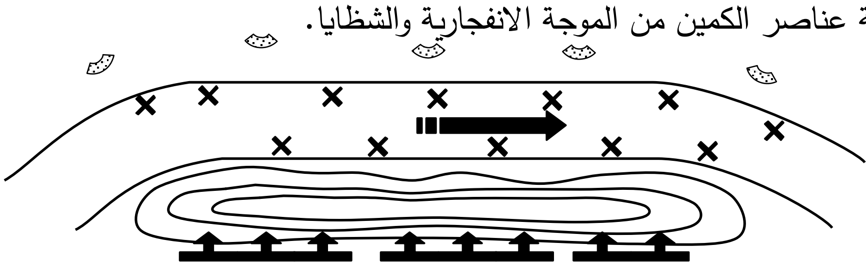


٢- **عند مقدمة ومؤخرة بقعة القتل:** وخاصة للعبوات الموجهة. فهي تؤمن نيران ضامة في بقعة القتل، وتوفر كثيراً . وتستخدم بشكل خاص في المسالك والطرقات حيث تكون بقعة القتل محصورة العمق والعرض. كما أنها تمنع العدو من الانسحاب أو التقدم خارج بقعة القتل على طول الطريق الأساسي.



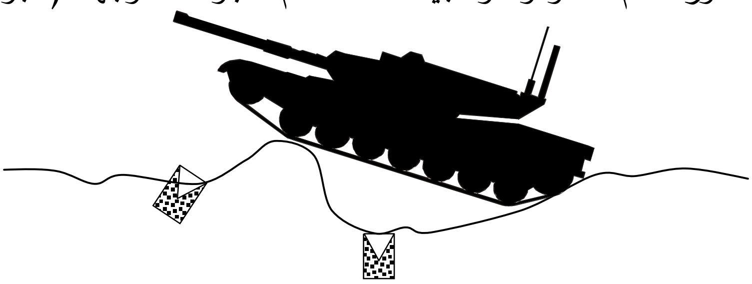
عبوتان موضوعتان مقابل مقدمة ومؤخرة بقعة القتل

٣- **جانبياً وعلى طول الجهة المقابلة لبقعة القتل:** هذه الطريقة فعالة بشكل خاص لمنع العدو من المناورة أو الانسحاب خارج بقعة القتل والتحرك بعيداً عن عناصر الكمين. يجب أخذ الحذر لضمان حماية عناصر الكمين من الموجة الانفجارية والشظايا.



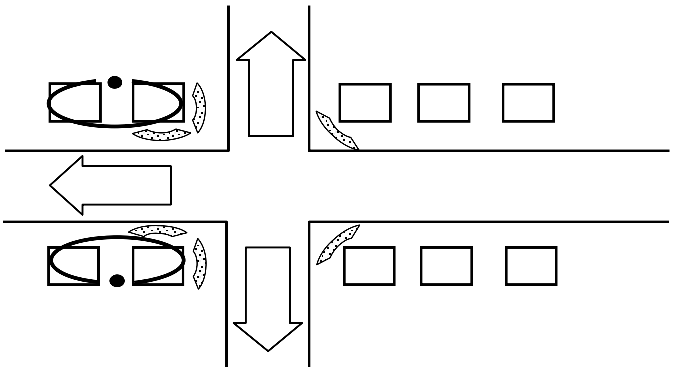
عبوات موضوعة جانبياً على طول بقعة القتل

٤- **في وسط بقعة القتل:** تستخدم هذه الطريقة لضرب الآليات والدبابات من الأسفل، حيث تدفن العبوات في وسط محاور تقدم العدو وتموه جيداً . تستخدم العبوات الموجهة (الجوفاء – الصحن).



عبوة جوفاء موضوعة خلف ساتر أو في وسط خندق دبابات لضرب قعر

٥- **الممرات الإجبارية:** هذه الطريقة فعالة بشكل خاص في المناطق المغطاة التي يمكن أن تعطي العدو غطاءً من الأسلحة الصغيرة. يستخدم في مثل هذا الكمين العبوات المتشظية الموجهة والتي توضع بشكل مرتفع عن الأرض مع ضمان حقل نار خالٍ من أي عائق. يفضل أن يكون التفجير متحكم به، نظراً لأن ذلك يسمح بتأخير التفجير إلى أن تصبح قيادة العدو داخل بقعة القتل.يجب تمويه العبوة جيداً لتجنب كشفها.

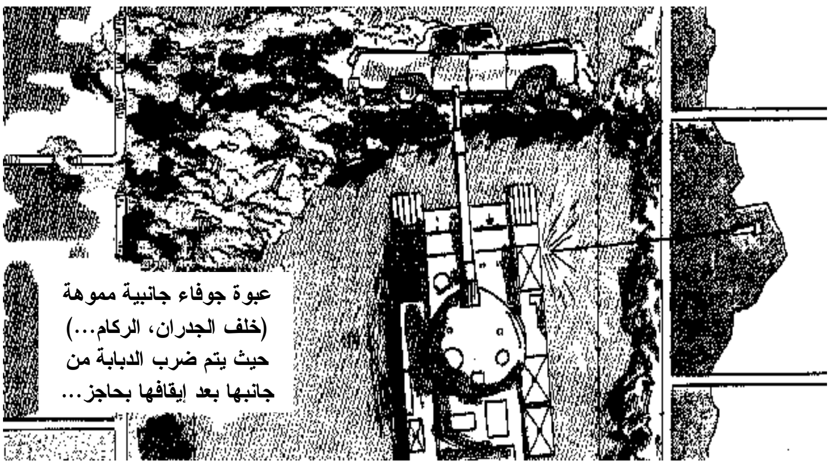


عبوات موضوعة عند مفترق طرق

❑ أماكن وضع العبوات الناسفة:

توضع العبوات الناسفة في مكان يتصف بالمواصفات التالية:

١. سهولة الدخول والخروج من وإلى مكان وضع العبوة.
٢. أن يكون المسلك إلى مكان وضع العبوة مستتر وآمن.
٣. أن تساعد طبيعة الأرض على وضع العبوة من الناحية الميكانيكية (حفر...)، وكذلك من ناحية التمويه.
٤. أن تتوفر نقاط علام واضحة لمساعدة المكلف بالتفجير على تحديد مكان العبوة من مكانه.
٥. أن يكون المكان مرئياً بشكل واضح من مكان المكلف بالتفجير.
٦. أن يكون مخفياً وآمن بحيث لا يتعرض لرمايات التمشيط المعادية.
٧. أن يكون في نقطة حساسة تؤثر على تحرك العدو (جسر، مفرق طرق، جرف...).



ملحق هام // نماذج عملية للعبوات الحارقة

العبوات الحارقة، سهلة التحضير، وسلاح غير معقد يمكن استخدامه في جميع المستويات، وجميع مراحل القتال.

تحدث العبوات الحارقة الإصابات عن طريق اللهب والحرارة العالية جداً عند لحظة الانفجار، بالإضافة إلى مئات الشظايا المعدنية الحارة الناتجة عن تكسر الوعاء الحاوي لها.

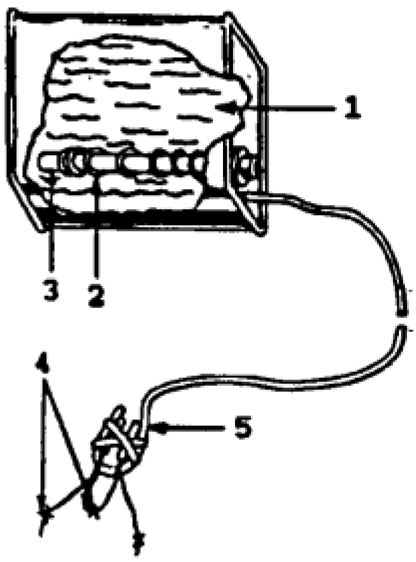
❑ العبوة الأولى:

❖ **المستلزمات:**

النوع	الكمية
وعاء	١
وقود حارق	٢٣ ليتر
فتيل صاعق	٧,٥ م
صاعق كهربائي	٢
مشعل M4	١

❖ **إجراءات التحضير:-**

١. يعبأ الوعاء بالوقود الحارق.
٢. يلف حول المشعل ١٠-١٢ لفة من الفتيل الصاعق، ويترك منه ٣٠ سنتم كخط رئيسي.
٣. يوضع المشعل داخل الوعاء.
٤. يوصل الصاعقين الكهربائيين (بعد فحصهما) ضمن شبكة متتالية.
٥. يثبت الصاعقين على عقدة في الفتيل الصاعق. وعندها تصبح العبوة جاهزة للاستعمال.



النتيجة: يغطي منطقة ضمن قطر ٢٠-٣٠ متر تقريباً .

❖ **الاستخدام:**

- كمكمل لحقول الألغام م/أ.
- ضد الآليات المدولبة.
- ضد الأفراد في المناطق المفتوحة.
- في مناطق الإنزالات الجوية.

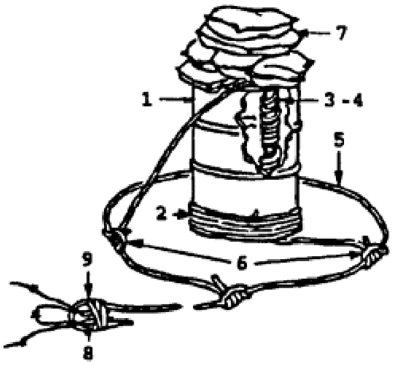
❑ **العبوة الثانية البرميل الحارق ٢**: هناك ثلاثة أنواع منها. وتستخدم:

- لحماية المحيط أثناء الدفاع الثابت.
- توضع في وسط الطرقات والتقاطعات لتعطيل حركة قوافل العدو.
- لتغطية المناطق المحتملة للإنزال الجوي.
- يمكن استخدامها بشكل مفرد أو ضمن مجموعات لزيادة التغطية.

أ- اللغم الحارق العمودي مع مشعل:

❖ **المستلزمات:**

النوع	الكمية
برميل سعة	١
مادة حارقة	٢٢٥ ليتر
فتيل صاعق	٣٠ م
صاعق كهربائي	٢
مشعل M4	٢-٣



❖ **طريقة التحضير:-**

١. يعبأ البرميل بالوقود الحارق ويوضع بشكل عمودي.
٢. يذخر البرميل عند قاعدته بفتيل صاعق (١٠-١٢ لفة)، ويترك ٩٠ سنتم لوصلها بالحلقة الرئيسية.
٣. تذخر المشاعل بفتيل صاعق (١٠-١٢ لفة)، ويترك ١٢٠سم لوصلها مع الحلقة الرئيسية.
٤. توضع المشاعل داخل البرميل عبر فتحة الغطاء.
٥. توضع حلقة من الفتيل الصاعق حول البرميل، ويترك ١٢م لوصلها إلى الخط الرئيسي.
٦. يتم وصل تفريع الفتيل من قاعدة البرميل والتفريع من المشاعل إلى الحلقة الرئيسة بواسطة عقدة مربعة بلفة إضافية.
٧. يوضع ٧-٨ أكياس رمل فوق البرميل لتوجيه الانفجار إلى الأسفل ونحو الخارج ضمن دائرة ٣٦٠°، ويبقى الانفجار قريب من الأرض.
٨. يوصل الصاعقين (بعد فحصهما) ضمن شبكة متوالية.
٩. يثبت الصاعقين على الخط الرئيسي من الفتيل الصاعق. وتصبح العبوة جاهزة للاستعمال.

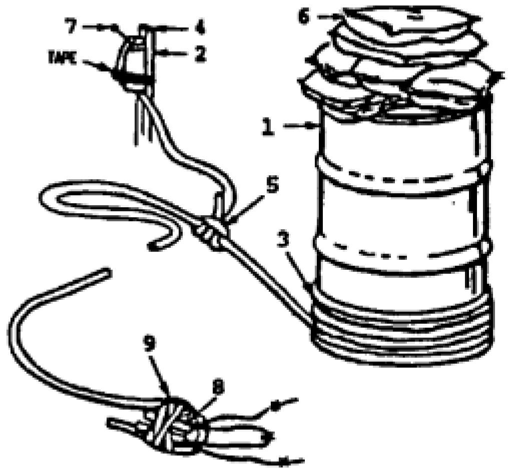
❖ **النتيجة**: تغطي منطقة ضمن قطر ٨٠-١٠٠م.

يمكن وضع أوتاد حول العبوة وتلف بأسلاك شائكة مما يعطي شظايا.

ب- اللغم الحارق العمودي مع فتيل صاعق:

❖ **المستلزمات:**

النوع	الكمية
برميل سعة	١
مادة حارقة	٢٢٥ ليتر
فتيل صاعق	٦٠ م
صاعق كهربائي	٢
مشعل إعثار أو قنبلة يدوية حارقة	١
كيس رمل	٦-٧



❖ **طريقة التحضير:**

١. يعبأ البرميل بالوقود الحارق ويوضع بشكل عمودي.
٢. يذخر البرميل حول قاعدته بفتيل صاعق (٧ فتلات)، ويترك ١٢م لاستخدامه كخط رئيسي.
٣. يوضع وتد بالقرب من البرميل ويثبت عليه البادئ (قنبلة يدوية).
٤. تذخر البادئ بفتيل صاعق (١٨٠سم).
٥. يثبت الفتيل الصاعق من البادئ إلى الخط الرئيسي باستخدام العقدة المربعة مع فتلة إضافية.
٦. يوضع ٧-٨ أكياس رمل فوق البرميل لتوجيه الانفجار إلى الأسفل ونحو الخارج ضمن دائرة ٣٦٠°، ويبقى الانفجار قريب من الأرض.
٧. يسحب مسمار الأمان من البادئ.
٨. يوصل الصاعقين (بعد فحصهما) ضمن شبكة متوالية.
٩. يثبت الصاعقين على الخط الرئيسي من الفتيل الصاعق. وتصبح العبوة جاهزة للإستعمال.

❖ **النتيجة:** يغطي منطقة ضمن قطر ٥٠-٨٠م.

ج- اللغم الحارق الأفقي:

❖ المستلزمات:-

النوع	الكمية
برميل سعة	١
مادة حارقة	٢٢٥ ليتر
فتيل صاعق	٣٠ م
صاعق كهربائي	٢
بادئ قنبلة يدوية	١
C4 أو TNT	لوحين

❖ **طريقة التحضير:**

١. يعبأ البرميل بالوقود الحارق ويوضع بشكل أفقي.
٢. يذخر كل لوح C4 أو TNT (٥٠٠غ) على حدة بفتيل صاعق (٧-١٠ لفات)، ويترك ١٠٠سم من كل لوح لتثبيته على الحلقة الرئيسية.
٣. تثبت الألواح المتفجرة عند طرفي البرميل. ويوضع كيسين رمل واحد في الأسفل وواحد مقابل المتفجرات.
٤. توضع حلقة رئيسية حول العبوة.
٥. تثبت التفريع من المتفجرات إلى الحلقة الرئيسة باستخدام العقدة المربعة مع لفة إضافية.
٦. يستخدم ١٨٠سم من الفتيل الصاعق لتذخير البادئ.
٧. يوضع وتد قرب العبوة ويثبت البادئ عليه.
٨. يثبت الفتيل الصاعق من البادئ إلى الحلقة الرئيسة باستخدام العقدة المربعة مع لفة إضافية.
٩. يسحب مسمار الأمان من البادئ.
١٠. يوصل الصاعقين (بعد فحصهما) ضمن شبكة متوالية.
١١. يثبت الصاعقين على الخط الرئيسي من الفتيل الصاعق. وتصبح العبوة جاهزة للإستعمال.

- **النتيجة:** يغطي منطقة ضمن قطر ٨٠-١٠٠م جانبياً .

❑ عبوات الفوغاس:

هو أحد أنواع الأسلحة الحارقة حيث يقذف اللهب بواسطة المتفجرات فوق منطقة محددة مسبقاً . كما يمكن استخدامها للتنوير. توضع البراميل في الأرض بزاوية ٤٥° بالنسبة لسطح الأرض مع الفتحة لجهة العدو.

أ- وعاء الحشوة الدافعة:

❖ المستلزمات:

النوع	الكمية
وعاء اسطواني	١
مادة حارقة	١٣,٥ ليتر
فتيل صاعق	٣٠ م
صاعق كهربائي	٢
C4	٧٥٠ غ
كيس رمل	٢٠-٣٠

❖ طريقة التحضير:

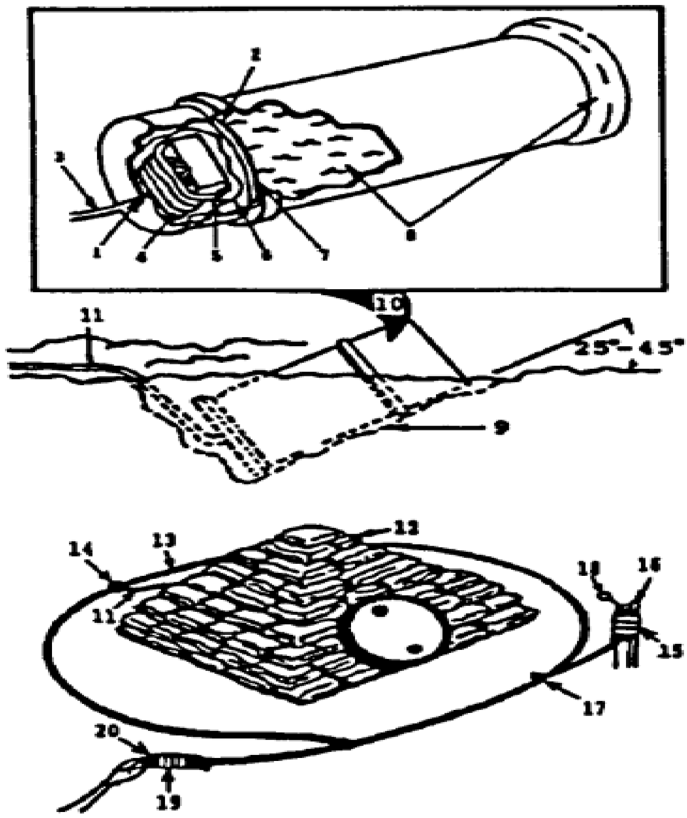
١. أثقب قاعدة الوعاء بثقب صغير.
٢. اصنع صفيحة دافعة (خشب أو معدن) بنفس مقياس القطر الداخلي للوعاء.
٣. ذخر لوح C4 بواسطة فتيل صاعق (٧ لفات)، واترك ٢م منه كتفريع لوصله مع الحلقة الرئيسية.
٤. ضع الحشوة المتفجرة داخل كيس بلاستيكي مع تمرير الفتيل الصاعق من خلاله ومن ثم احكام اغلاقه.
٥. ضع الحشوة داخل الوعاء ومرر تفريع الفتيل الصاعق من حشوة الدفع من خلال الثقب في قاعدة الوعاء.
٦. ضع الصفيحة الدافعة فوق الحشوة المتفجرة.
٧. عبأ الوعاء بالوقود الحارق. أغلق الوعاء، ولكن دون تثبت الغطاء.
٨. احفر حفرة بزاوية تعطي التأثير الأقصى فوق المنطقة المراد تغطيتها (٢٥°-٤٥°).
٩. ضع الوعاء بحذر داخل الحفرة، تأكد من أن قاعدة الوعاء مستندة إلى قعر الحفرة وأن الفتيل الصاعق من الحشوة المتفجرة غير مقروص أو مثني.
١٠. مدد تفريع الفتيل الصاعق من الحشوة المتفجرة خارج الحفرة.
١١. ضع ٢٠-٣٠ كيس رمل فوق وحول العبوة مع التأكد من أن الفتيل الصاعق غير مطمور.
١٢. ضع حلقة رئيسية من الفتيل الصاعق حول العبوة.
١٣. ثبت التفريع من الحشوة المتفجرة إلى الحلقة الرئيسية باستخدام العقدة المربعة مع لفة إضافية.
١٤. ثبت البادئ (قنبلة يدوية) على وتد مثبت بالقرب من العبوة.

١٥. ثبت ٢م من الفتيل الصاعق من البادئ إلى الحلقة الرئيسية بواسطة عقدة مربعة مع لفة إضافية.

١٦. اسحب مسمار الأمان من البادئ.

١٧. أوصل الصاعقين (بعد فحصهما) ضمن شبكة متوالية.

١٨. ثبت الصاعقين على الخط الرئيسي من الفتيل الصاعق. وتصبح العبوة جاهزة للإستعمال.

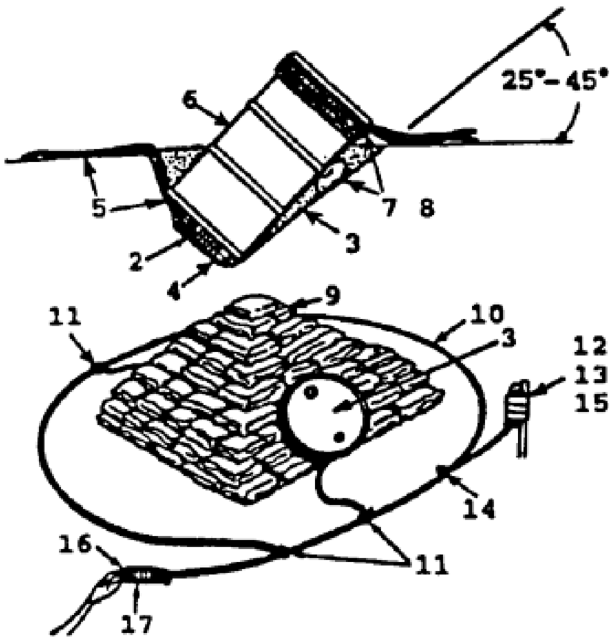


❖ **النتيجة**:– يغطي منطقة ضمن قطر ٣٠–٤٥م.

ب– وعاء (٥٥):

❖ **المستلزمات**:

النوع	الكمية
برميل	١
مادة حارقة	٢٢٥ ليتر
فتيل صاعق	١٠٠ قدم
صاعق كهربائي	٢
TNT – C4	لوحين
بادئ	١
كيس رمل	١٠٠–١٢٠



❖ **طريقة التحضير:**

١. يعبأ البرميل بالوقود الحارق.
٢. ذخر لوحي C4 أو TNT (٥٠٠ غ للواحد) بفتيل صاعق (٧-٩ لفات)، واترك ٩م كتفريع لوصله إلى الشبكة الرئيسية.
٣. احفر حفرة بزاوية تعطي التأثير الأقصى فوق المنطقة المراد تغطيتها (٢٥ْ-٤٥ْ).
٤. احفر تجويف صغير في قعر الحفرة لوضع الحشوة المتفجرة.
٥. ضع الحشوة المتفجرة داخل التجويف ومدد الفتيل الصاعق من الحشوة إلى خارج الحفرة.
٦. ضع البرميل بحذر داخل الحفرة، تأكد من أن قاعدة البرميل مستندة إلى قعر الحفرة وأن الفتيل الصاعق من الحشوة المتفجرة غير مقروص أو مثني.
٧. ارفع العبوة. ضع كيس رمل تحتها ولف (٧-١٠ لفات) من الفتيل الصاعق حول الطرف العلوي للبرميل، اترك ٢٤ قدم كتفريع.
٨. ارفع كيس الرمل.
٩. ضع ١٠٠-١٢٠ كيس رمل على وحول العبوة مع التأكد من أن الفتيل الصاعق غير مطمور.
١٠. ضع شبكة فتيل صاعق حول العبوة.
١١. ثبت التفريع من الحشوة المتفجرة وتفريع البرميل على الشبكة الرئيسة بواسطة عقدة مربعة مع لفة إضافية.
١٢. ضع وتد خشبي قرب العبوة وثبت البادئ عليه.
١٣. استخدم ١٨٠ سنتم من الفتيل الصاعق كتفريع من البادئ إلى الشبكة الرئيسة.
١٤. اسحب مسمار الأمان من البادئ.
١٥. أوصل الصاعقين (بعد فحصهما) ضمن شبكة متوالية.
١٦. ثبت الصاعقين على الخط الرئيسي من الفتيل الصاعق. وتصبح العبوة جاهزة للاستعمال.

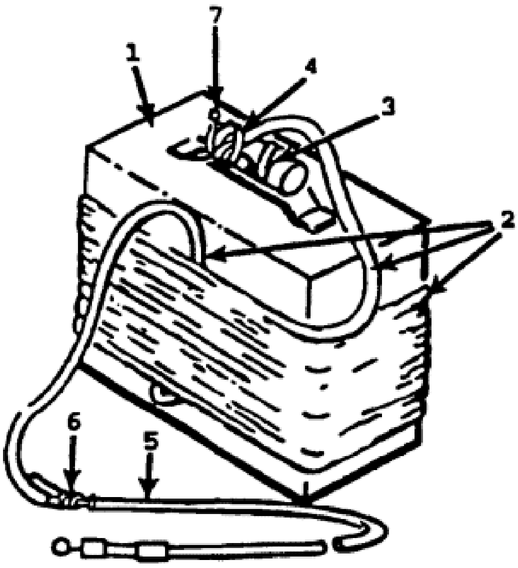
النتيجة: يغطي منطقة ضمن قطر ١٥٠-٢٠٠م أمام البرميل.

ملاحظة: يمكن استخدام عبوة متشظية موجهة كحشوة متفجرة مما يزيد من التأثير بالشظايا. ويمكن استخدام أنواع مختلفة من البوادئ.

❑ **قنبلة الملجأ:** بعض أشكال العبوات الحارقة المتفجرة مزودة بجهاز تفيجر ذاتي (تفخيخ).

❖ **المستلزمات:**

النوع	الكمية
وعاء معدني (صندوق	١
ذخيرة عيار صغير)	
مادة حارقة	٤,٥ ليتر
فتيل صاعق	١٥ م
صاعق عادي	١
فتيل عادي	٢,٢٥ م
مشعل M60	١
مشعل (بادئ)	١



❖ **طريقة التحضير:**

١. عبأ ثلاثة أرباع الصندوق بالوقود الحارق.
٢. لف حول مركز الصندوق ١٥ لفة من الفتيل الصاعق مع ترك ٢ قدم كتفريع لوصل البادئ والصاعق العادي.
٣. ثبت البادئ إلى مسكة الصندوق.
٤. ثبت طرف تفريع الفتيل الصاعق فوق عتلة البادئ.
٥. ثبت المشعل والصاعق العادي إلى الفتيل العادي.
٦. ثبت جهاز التفجير العادي إلى الطرف الآخر من الفتيل الصاعق.
٧. اسحب مسمار الأمان من البادئ وتصبح العبوة جاهزة للإستعمال.

ملاحظات:
- تحمل العبوة من المسكة فقط.لا يستعمل البادئ كمسكة أبداً .
- يسحب مسمار الأمان للبادئ ولمشعل التفجير فقط عند استعمال العبوة.
- استخدم أقصى درجات الحذر عند نقل العبوة احم الصاعق من الصدمات والحرارة المرتفعة.
- لا تعرض الفتيل البطيء للثني. أو أي حركة تؤدي إلى فصل البارود عن بعضه مما يسبب فشل التفجير ويذخر الفتيل الصاعق فقط عند استعمال العبوة.

❖ النتيجة:- يغطي منطقة بقطر ٥-١٠م.

❖ **الاستخدام:** عبوة محمولة أثناء:

- الدفاع المتحرك – الإغارة على مؤخرة العدو – العمليات داخل المناطق المبنية.

❑ العبوات الحارقة المفخخة:

تستخدم هذه العبوات كالغام وخاصة في الحالات التي يطوق فيها المقاتلون ويصبحوا معزولين عن وحداتهم. هذه العبوات أكثر فعالية عند وضعها في المناطق المفتوحة حيث لا تقلل العوائق من تأثير التشظي ضد الأفراد. يمكن الحصول على نتيجة أفضل بوضع العبوة بشكل مموه على ارتفاع ٢م فوق سطح الأرض على غصن شجرة، شجيرة، أو سياج...

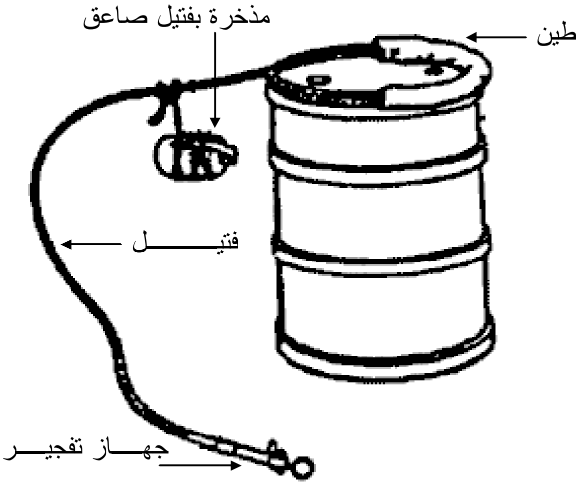
❑ عبوات الإنـــارة:

إن الغاية الأساسية من لهيب الإنارة هي تأمين زمن احتراق طويل بأقصى إنارة. يمكن استخدام الإنارة للإنذار المبكر وتختلف وسائل الإنارة وتتنوع ويمكن تحضيرها من مواد مختلفة:-

أ- <u>وعاء الإنارة (٥٥ أو ٥):</u>

❖ **المستلزمات:**

النوع	الكمية
وقود حارق	حسب الطلب
فتيل صاعق	٣٠ م
صاعق عادي	١
فتيل بطيء	٢,٢٥ م
مشعل M60	١
صاعق كهربائي	١
مشعل إعثار	١
قنبلة حارقة	١



❖ **طريقة التحضير:**

١. يعبأ الوعاء بالوقود الحارق ويغلق بإحكام.
٢. يوضع الوعاء داخل حفرة في الأرض مع ترك الجزء العلوي منه ظاهر.
٣. يلف الفتيل الصاعق (٥ لفات) حول الحافة الداخلية لسطح البرميل ويدك جيداً بالطين. يترك منه تفريع لوصله بجهاز التفجير والمشعل الحارق.
٤. ثبت البادئ الحارق على سطح البرميل بالفتيل الصاعق.
٥. يذخر طرف الفتيل الصاعق بجهاز التفجير.

النتيجة: عند التفجير يقص الفتيل الصاعق، سطح البريمل ويقوم البادئ بإشعال الوقود الحارق. يشتعل الوقود الحارق لعدة ساعات. مع ذلك يمكن التحكم بزمن الاحتراق إلى حد ما بالتحكم بحجم الوعاء، كثافة الوقود الحارق، وبإضافة القش أو التبن أو التراب إلى الوقود الحارق.

ب- **جهاز الإنارة السريع:**

❖ **المستلزمات:-**

النوع	الكمية
فتيل صاعق	٥ قدم
صاعق عادي	١
فتيل عادي	٧,٥ قدم
مشعل M60	١
مادة حارقة	حسب الطلب

❖ **طريقة التحضير:**

١. يحفر حفرة قليلة العمق أو خندق في مسلك محتمل لتقدم العدو.
٢. عبأ الحفرة بوقود حارق.
٣. ذخر المشعل بلف فتيل صاعق حوله.
٤. ضع جهاز الإشعال في الحفرة.
٥. يتم وصل جهاز التفجير (عادي أو كهربائي) إلى الفتيل الصاعق.

ج- **الإنارة المائية:**

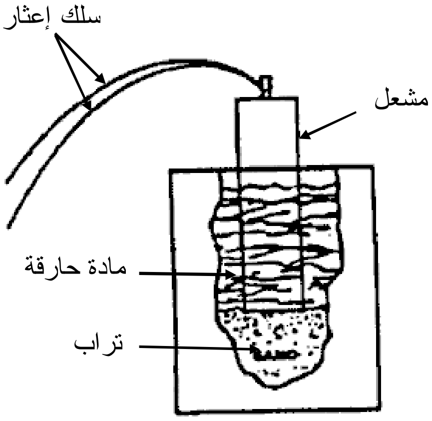
يمكن صنع هذا الجهاز بصب المادة حارقة، الزيت، أو الوقود الحارق على سطح ماء راكد ومن ثم إشعاله.هذا الجهاز لا يؤمن فقط الإنارة إنما يمكن استخدامه كحاجز مرعب أيضاً .

ملاحظة: لا تستعمل الإنارة المائية أثناء التدريب فقط في المعركة.

د- **جهاز الإنارة الميداني:**

❖ **المستلزمات:**

النوع
وعاء صغير (صندوق ذخيرة، تنكه...)
رمل
مازوت
مشعل إعثار



❖ **طريقة التحضير:**

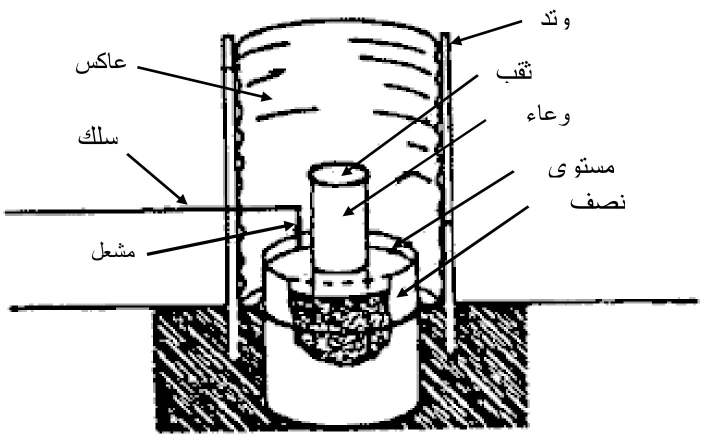
١. يعبأ نصف الوعاء بالرمل، ثم يعبأ بالمازوت.
٢. يغطى الوعاء بورقة.
٣. يوضع مشعل الإعثار في الوعاء.

❖ **النتيجة:** يؤمن إنارة فترة ٤٥ دقيقة.

❖ **الاستخدام:** يستخدم في الدفاع الحوطي حيث يوضع بشكل مدروس ضمن حدود ٥٠م أمام الحد الأمامي.

هـ – **جهاز الإنارة البخاري:**

❖ **المستلزمات:** مادة حارقة – وعاء صغير – (معلبات..) – نصف برميل – عاكس – مشعل إعثار



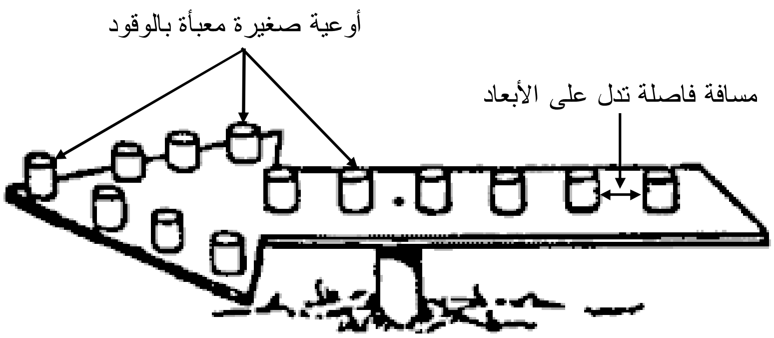
❖ **طريقة التحضير:**

١. يعبأ ثلاثة أرباع الوعاء الصغير بالوقود الحارق.
٢. يثقب سطح الوعاء الصغير ثقباً صغيراً (٣–٥ ملم).
٣. يوضع الوعاء الصغير في نصف برميل معبأ بوقود حارق إلى ثلاثة أرباعه.
٤. يوضع جهاز عاكس بمقدار ارتفاعه حتى ٦٠سم فوق حافة نصف البرميل.
٥. يوضع مشعل إعثار في البرميل.

❖ **النتيجة:** عند إشعال الوقود الحارق في نصف البرميل، فإن الحرارة الناتجة تؤدي إلى تبخر محتوى الوعاء الصغير. هذا البخار يخرج من الثقب على شكل نافورة مشتعلة.

هذا الجهاز ينير منطقة قطرها حوالي ٥٠م لمدة ٤–٥ ساعات. ويمكن التحكم بزمن الاحتراق إلى فترة أطول عن طريق حجم الوعاء، كثافة الوقود الحارق، وإضافة التبن أو التراب.

و– **أسهم الإشارة:** يتألف من سلسلة من الأوعية المعبأة بكمية متساوية من المازوت وزيت السيارات. يشير عدد الأوعية عند عنق السهم إلى المسافة نحو مركز العدو (مثلاً كل وعاء يدل على ١٠٠م). ويمكن استخدام هذه الأسهم لتساعد الدعم الجوي وتحديد أماكن الإنزال الجوي. يمكن وضوع الأوعية على لوح شكل سهم محمول على محور دوار



هام جداا///استبانة خطة لضرب هدف متحرك باستخدام العبوات

أخي المجاهد هذه محاولة لمساعدتك في وضع خطة لعملية زرع عبوة لهدف متحرك ، وقد حرصنا على أن تكون شاملة وتناسب معظم الأماكن والظروف ، حيث أنك عندما تكمل الفراغات وتجيب عن الأسئلة ينتج عندك خطة متكاملة . طالبين لنا ولك الأجر والفائدة .

بعد قيامكم بجمع معلومات عن الهدف تبين لكم من خلالها التالي : –

١ – نوع الهدف : o أمني . o عسكري . o سياسي . o اقتصادي

٢ – طبيعة الهدف : o أشخاص . o سيارات عسكرية . o سيارات مدنية.

٣– عنوان المكان المناسب لضرب الهدف :----------

٤– الأوقات التي يمر بها الهدف من المكان : ◙ ذهاباً ما بين الساعة – والساعة – oمساءً oصباحاً

◙إياباً ما بين الساعة ---- والساعة – ---o مساءً oصباحاً

٥– إجراءاته الأمنية في المنطقة :– هل يستنفر ؟ يجهز أسلحته ؟ هل يضيء ابرجكتورات ؟ هل يطفئ الأضواء ؟ هل هناك حواجز عسكرية ؟ ... ----------

٦– حجم الهدف :–

◙ عدد السيارات :-- ---------- ◙ أنواعها : ----------

◙ وظيفة كل سيارة :---------- ◙ المسافات بين السيارات : ----------

◙ عدد عناصر كل دورية : --------- ◙ توزيع الحراس : ----------

◙ وظيفة كل عنصر : ---------- ◙ عتاد وتسليح العناصر :----------

◙ سرعة الهدف : -------

◙ في حال كان الهدف راجل : – شكل المسير / عددهم / المسافات بينهم / طول المسير / سرعة المشي : وتنطبق عليهم المعلومات التي تتحدث عن التسليح والوظائف ----------

٧– أقرب نقطة نجدة لمكان التنفيذ : ---------- ◙ كم دقيقة تحتاج للوصول :-----

التاريخ والوقت المناسب لضربة : --/--/---- م الساعة ---الدقيقة --oصباحاً ، o مساءً .

---

٢. كيف يمكن تخفيف سرعة الهدف أو إيقافه :----------

٣ الأسلوب المناسب لضربه :– ----------

خطة زرع العبوات في حال كانت آلية التنفيذ هل العبوات :–

ويتم تفجيرها عن طريق :– o توقيت . o تفخيخ شرك . o ريموت .

◙ عدد العبوات المطلوب : ------◙ الزاوية المناسبة لكل عبوة :---------- .

◙ مكان وضع كل عبوة : على سنسلة / داخل سيارة تقف على جانب الطريق / على شجرة قريبة من الطريق / داخل ُدي سيارة قديم قريب من الشارع / داخل ُدي غسالة أو ثلاجة أو غاز قديمة قريب من الشارع / .. ----------

◙ كيف سيتم تمويه العبوات : تشكيلها على شكل حجر / تمويهها بالأعشاب / داخل تنكه زيت / داخل كرتون / داخل كيس / ..---

◙ سيتم زرع العبوات : بتاريخ --/--/----م الساعة – – الدقيقة – ○ مساءً . ○صباحاً .

◙ من سيفجر العبوة : ------------- ومتى ذلك --------- وأين سيقف :--------

◙ ما هو الضمان بأن العبوة ستنفجر بالهدف نفسه وليس بغيره في حال كان التفجير عن طريق الشرك : ---

◙ ما هو الضمان بأن العبوة ستنفجر عندما يصبح الهدف بموازاتها تماماً وكيف سيتم حساب مسافة السبق إن كان تفجير العبوة باستخدام الريموت أو كبسة الزر : --------------------

◙ ما سلاح الحماية للعناصر المشاركة في التنفيذ :- ------------------------------

◙ ما هو دور ووظيفة كل عنصر : من سيراقب / من سيقود السيارة / من سيزرع العبوة / من سيعطي الإشارة باقتراب الهدف وكيف سيعرف أن هذا هو الهدف وليس غيره / -----------------

◙ كيف سيتم تمويه العناصر حتى لا يشعر الهدف بوجودهم ولا يراهم أحد :---------------

◙ كيف سيتم تمويه العناصر حتى لا يعرفوا :--------------------------------

◙ أين ستلتقي المجموعة :---

◙ ساعة الانطلاق : ----------- ◙ المسافة والوقت المستغرق للوصول :- -----------

◙ ما هو خط السير لكل عنصر :---------------------------------------

◙ كيف سيتم إحضار العبوات :----------------------------------

◙ من الذي سيتأكد من سلامتها :-------------------------------

◙ ما هي إشارة التعارف بين المجموعة عند الالتقاء :---------------------------

◙ من سيشرف على توزيع العناصر والتأكد من أن كل شخص في مكانه :----------------

◙ من سيقتحم ليأخذ الغنائم إن كان هناك نية لذلك ------------------------

◙ كيف ستتم حمايته :---

◙ كم دقيقة يمكن البقاء في المنطقة بعد التنفيذ كحد أقصى :-------------------

◙ من سيعطي أمر الانسحاب :----------------------------------

◙ كيف ستنسحب المجموعة :---------------------------------

◙ من سيغطي الانسحاب : -------------------------------------

◙ كيف ؟ ما هو السلاح ؟ أين سيتمركز ؟ :--------------------------------

◙ من سيقوم بإخفاء الأسلحة الأدوات المستخدمة في العملية :-------------------

◙ أين سيتم إخفاءها :---

◙ من سيخفي الغنائم في حال الحصول عليها :---------------------------

◙ أين سيتم إخفائها :---

خطة استثمار النصر :-

o زرع عبوات أخرى في منطقة الكمين تنفجر بعد مدة أو تفخيخها بشرك خداعي أو تفجيرها عن طريق الريموت من أجل قتل قادة العدو الذين يزورون المكان .

o زرع عبوات على الطريق التي انسحب منها المنفذون لقتل عناصر العدو وإقاف ملاحقتهم للعناصر وحتى في حال تنفيذها مرة فإنهم لن يجرؤا مرة أخرى على اللحاق بأي مجموعة .

o عمل كمين باستخدام الأسلحة على الطريق التي يمكن أن يسلكها العدو لملاحقة المنفذين .

o عمل كمين على الطرق التي ستأتي منها النجدات للعدو زرع عبوات أو استخدام الاسلحة .

o تفخيخ جثث أفراد العدو وتركها في المكان .

o أخذ جثث وإخفاءها لمبادلتها بأسرى .　　o أخذ غنائم : أسلحة / ذخائر / ...

الاتصالات :-　◘ **كيف سيتم الاتصال بين أفراد المجموعة قبل التنفيذ واثناءه :-----------**

◘ كيف سيتم التواصل بين أفراد المجموعة بعد التنفيذ حتى لا نثير الشبهوات حول المنفذين :-----
----

الطوارئ :-

◘ في حال جرح أحد الأفراد واستطاع الانسحاب تقوم المجموعة بنقلة لعيادة الطبيب فلان من أجل اسعافة ، أو للمستشفى الفلاني : -------------------------------

◘ في حال لم نستطع نقل الجريح : ستتخذ المجموعة تدابير احتياطية ، تغير نقاط الاتصال / تغير الأماكن التي يعرفها الجريح / تغير الهواتف التي يعرف أرقامها / عدم المبيت في المنازل التي يعرفها / والابتعاد عن جميع المعارف الذين يعرفهم الجريح : ----------------------------

◘ وسنفي الجريح معرفته لباقي العناصر وأماكنهم بحجة : على سبيل المثال : .. أن الذي نظمه هو الشهيد فلان ، وأنه هو الذي ربطه مع المجموعة عن طريق نقاط حية وباستخدام شيفرة ، وبدأ عمله مع المجموعة ولا يعرف أحد منهم إلا الكنية ولا يعرف مناطقهم ولا يعرف من شيء عن المسؤولين عن المجموعة أو مصادر الأسلحة والعبوات .. وعند الطلب منه توصيف الأشخاص الذين قابلهم يصف شخصيات مشهورة كي لا نساها مثل ممثلين رؤساء دول .. ويجب أن يضع في ذهنه عنوان للنقطة الحية .. ومكان لنقطة ميته ... --

◘ في حال أسر أحد العناصر تقوم المجموعة : كما هو الحال في الجريح --------------

◘ سينفي المعتقل معرفته بباقي العناصر وأماكنهم : المثال السابق : -----------------

◘ يجب أن يكون هناك ديباجة متفق عليها بين أفراد المجموعة وذلك لمواجهة التحقيق في حال اعتقال المجموعة أو اعتقال أكثر من عنصر : – ---------------------------------

◘ ماذا ستفعل المجموعة في حال استشهاد أحد العناصر ؟------------------------

◘ ماذا ستفعل المجموعة في حال الانكشاف للمواطنين أو للسلطة أو للعملاء : ------------

✎ **كيف ستتعامل المجموعة مع المستجدات :-**

◙ عند ازدياد قوة العدو :--------------------- ◙ في حال وجود نجدات :--------

◙ في حال وجود أناس أبرياء في مكان التنفيذ :--------- ◙ في حال تأخر الهدف :--------

◙ في حال وجود حواجز :--

✎ **كيف سيتم التعاطي مع المشاكل المتوقعة :-**

◙ إذا تعطلت العبوات :---------------------- ◙ إذا تغيب أحد المنفذين :--------

◙ إذا تعطلت وسيلة النقل :--

✎ **سيتم مقاومة العمل الجنائي عن طريق :-**

- o مسح البصمات عن جميع الأدوات .
- o مسح الآثار .
- o تموه الصوت عند الإضرار للحديث .
- o عدم ترك آثار للأقدام .
- o . عدم ترك أدوات في المكان .
- o التضليل على جهة الانسحاب .
- o عمل آثار مصطنعة في جهة مغايرة .
- o عدم ترك آثار دماء في حال إصابة أحد عناصرنا.

سيكون ساتر غياب كل عنصر عن البيت :-

ذهب لزيارة أصدقاءه / ذهب للعمل / تأخر في العمل / .. -------------------------

القنابل

مقدمة :

عرفت القنابل في القرن الخامس عشر، إذ كانت بسيطة جداً وعبارة عن علبة تحوي مادة البارود وتنفجر بواسطة شعلة. تطورت هذه القنابل من حيث الشكل وكيفية الإستخدام ، وقد استخدمت في الحربين العالميتين، وبقيت في حالة تطور دائم حتى أصبحت كما هي اليوم.

تعريف القنبلة :

هي عبارة عن علبة او وعاء معدني أو بلاستيكي تحوي في داخلها مواد إنفجارية، إشتعالية أو كيميائية، وتعمل بواسطة صمام وتقسم الى ثلاثة أقسام:

١- جهاز العمل　　　٢- البدن الخارجي　　　٣- الحشوة الداخلية

وفي أصل استخدام القنابل اليدوية أنها سلاح يدوي - يحمل ويذخر ويقذف بواسطة اليد- الا أنه تم تطوير قواذف خاصة بها لزيادة مسافة القذف لها ، صممت القنبلة اليدوية بحيث يكون المدى المجدي لها قصير نسبيا بسبب رميها من مسافات قريبة مما يتطلب تأمين الرامي ،كما أن شعاع تأثيرها الخطر صغير لقلة المواد المتفجرة فيها.الا أنها تعتبر فاعلة ومؤثرة في تجمعات العدو اذا أحسن استخدامها .

أقسام القنابل :

من حيث هدفها : ١. ضد الأفراد　　٢. ضد الدروع　　٣. ضد المنشآت (حارقة)
٤. للإنارة　　٥. للتغطية (دخانية)　　٦. لقمع التظاهرات (مسيلة للدموع)

من حيث التكتيك : ١. هجومية　　٢. دفاعية

من حيث الحشوة : ١. إنفجارية　　٢. إشتعالية (كيميائية)

أولاً : القنابل الإنفجارية :

تعمل هذه القنابل بشكل عام تحت تأثير صاعق إنفجاري وتقسم الى قسمين :

أ - القنابل المضادة للأفراد

❖ **قنابل هجومية :**

وهي قنابل تحوي على مادة متفجرة فقط دون شظايا محفوظة داخل غلاف معدني أو بلاستيكي رقيق ، أو بارود مضاف له مواد أخرى . ولها صمام تأخيري أو لحظي يعمل على الصدم ، لذلك نجد هناك نوعين من القنابل الهجومية تبعا لمبدأ عمل الصمام فيه فهناك قنابل هجومية تأخيرية مثل القنابل الدفاعية وأخرى لحظية تعمل على الصدم تنفجر فور ارتطامها

بجسم بعد تحرير عتلة الأمان، وهي أقل تأثيراً من القنابل الدفاعية بسبب عدم احتوائها على شظايا وتستخدم عادة في حال الهجوم ، وتعتبر فاعلة جداً ضد عدو متمركز في مكان مغلق. لذا فإنها كثيراً ما تستخدم في حرب المدن أثناء الهجوم أو إخلاء المنازل أوتطهير الملاجئ والمراكز المحصنة.

كما أن هناك نوع آخر من القنابل الهجومية الصدمية يستخدم ضد تصفيح الآليات حيث يحوي على حشوة جوفاء ترمى فوق جسم الآلية لتسقط على سطحها بفعل مظلة صغيرة تحافظ على اتزان ومكان سقوط القنبلة، ويكون حجم هذه القنابل أكبر نسبيا عن غيرها من القنابل اليدوية .

ويراعى في تصميم القنابل الهجومية سواءا ضد الأفراد أو الآليات تحقيق التأثير القتالي والتدميري دون تعريض المهاجمين لخطر الإصابة بالشظايا .

❖ ملاحظة : يجب الحذر عند القاء القنبلة الهجومية في مكان يتواجد فيه حصى لانه سيتطاير ويتحول الى شظايا .

هناك بعض القنابل الأخرى والمستخدمة في الهجوم بدون شظايا بهدف الارباك والسيطرة مثل القنبلة الصوتية و قنبلة الوميض (flash bomb) التي تعطي صوت ووميض قوي لإبهار البصر .

❖ قنابل دفاعية :

وهي قنابل تحوي على شظايا مثبتة حول المادة المتفجرة ، تقذف نتيجة انفجار القنبلة اليدوية ، لها صمام تأخيري ينفجر بعد ٤ الى ٧ ثواني من تحرير عتلة الأمان ، تعتمد المدة التأخيرية على طبيعة المنظومة التي تتبع لها الدولة المصنعة .

تستخدم في صد الهجمات المعادية وإبقاء العدو المقترب في وضع حرج. ويشترط في الرامي أن يتخذ موقعا دفاعيا محصنا يقيه من الشظايا المتطايرة ، وتعتبر هذه القنبلة كسلاح فردي للرمي الغير مباشر لجندي المشاة ،يصل المدى القاتل لهذا النوع من القنابل الى ٣٠ متر تقريبا ، في حين قد تصل شظاياها الى أكثر من ١٥٠ متر .تبعا لشكل التشظي المتبع وكمية المتفجرات ونوعها التي تحتويه القنبلة الدفاعية.

نماذج لبعض القنابل الدفاعية ذات الغلاف المعدني

قنبلة دفاعية ذات غلاف لبلاستيكي محزز

ويكون احداث الشظايا في القنابل اليدوية الدفاعية بواحدة من الطرق التالية :-

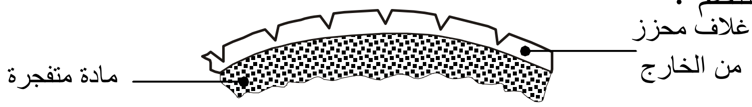
١. **التشظي الطبيعي :**

عبارة عن غلاف معدني مسمط من الحديد الصلب بنفس السماكة مثبت حول المادة المتفجرة ، يتحطم هذا الغلاف لحظة الانفجار مكوناً أشكالاً عشوائية من الشظايا بعضها من الحجم المناسب القاتل. ولكن كثيراً منها إما صغير جداً وإما كبير جداً . ويعد هذا التشظي الأقل فعالية .

٢. **التشظي المحكوم :**

ويتم ذلك عن طريق :

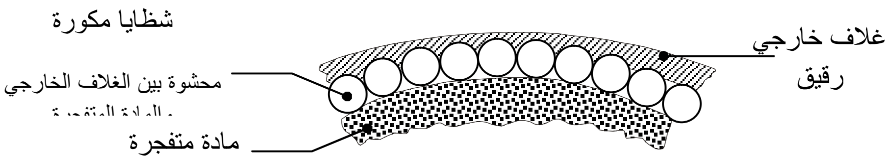
- تحزيز الوجه الداخلي أو الخارجي للغلاف المعدني المكون من الحديد الصلب وتخفيف سماكته عند نقاط منتظمة تتفتت لحظة الانفجار عند الأجزاء الضعيفة مكونة شظايا ذات شكل منتظم .



- استعمال سلك معدني محزز ملتصق ببعضه على شكل حلزوني يمكن وضعه بين المادة المتفجرة وغلاف القنبلة الرقيق .

التشظي المسبق:

وهي الطريقة الأكثر فعالية حيث تستعمل شظايا مشكلة مسبقاً ذات شكل وقياس محددين كالكرات المعدنية، يتم تثبيتها بين المادة المتفجرة وغلاف الرأس الحربي الرقيق .



❖ قنابل ثنائية الإستخدام :

وتكون مجهزة بقميص مشظّي، حين نزعه تصبح القنبلة هجومية. فيمكن تحويله من هجومي الى دفاعي أو العكس لأن جسم الشظايا منفصل ويمكن تركيبه أوفكه بواسطة مسنن ، كما في الصورة .

أجزاء القنبلة اليدوية:

تقسم الى ثلاثة أقسام:

١ – جهاز العمل   ٢ – البدن الخارجي   ٣ – الحشوة الداخلية

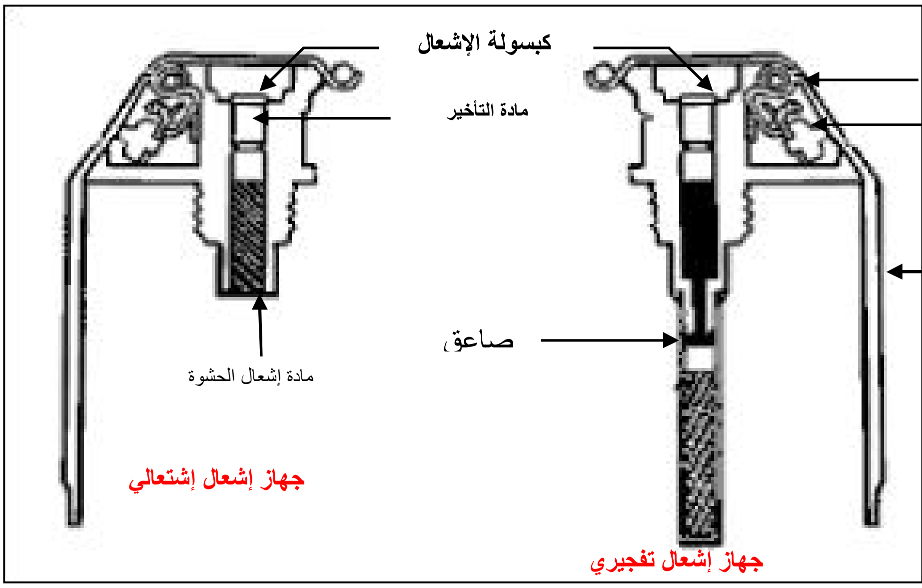
جهاز العمل (الصمام):

يتكون من جهاز العمل المكانيكي (ابرة ، نابض ، مسمار أمان ، وحلقة أمان) + المشعل (كبسولة ومادة مشتعلة أو صاعق حسب نوع القنبلة الذي يسبب إشعال أو تفجير الحشوة) .

❖ **المشاعل** : هناك نوعان من المشاعل : إنفجاري وإشتعالي. يعمل كلاهما بنفس الطريقة، ولكن الاختلاف بينهما هو بكيفية تنشيط الحشوة .

❖ **المشعل الإنفجاري** : ينفجر داخل جسم القنبلة لتفجير الحشوة الأساسية.

❖ **المشعل الإشتعالي** : يصمم المشعل الإشتعالي لإستخدامه مع المواد الكيميائية القابلة للإشتعال. فهو يشتعل على درجة حرارة عالية ويشعل الحشوة داخل القنبلة. تتطلب مادة التأخير ١,٥ – ٢ ثانية لإشعال المشعل وبالتالي إشعال الحشوة بشعلة عنيفة .



البدن الخارجي :

جسم كروي أو أسطواني مصنوع من المعدن الرقيق أو البلاستيك أو المطاط في حالة القنابل الهجومية و الإشتعالية (الكيميائية)، أما في القنابل الدفاعية (المشظية) فيصنع من الحديد الصلب (الفولاذ).

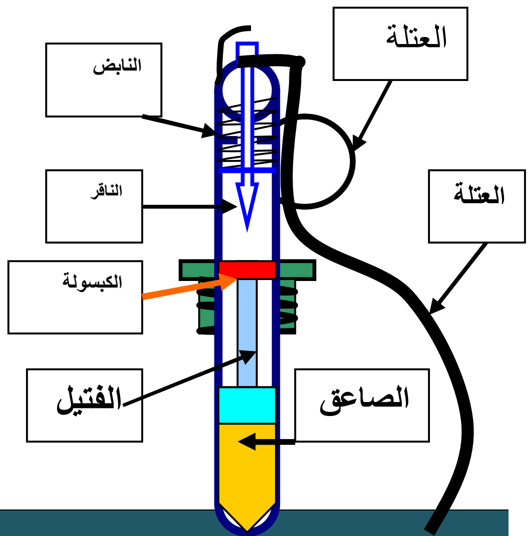
الحشوة الداخلية :

وتكون من مواد خاصة مثل (TNT، مركب B، مواد بلاستيكية أو مواد إشتعالية كيميائية).

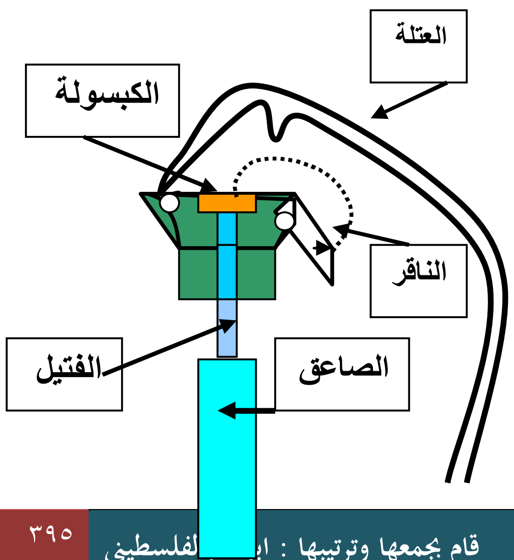
تمييز القنابل اليدوية في المنظومة الشرقية والغربية

	جهاز العمل الشرقي	جهاز العمل الغربي
الكبسولة (عند الرمي)	لا تصدر صوتاً	تصدر صوتاً
طريقة عمل الناقر	غير مباشرة	مباشرة (غالبا)
مدة الحشوة الزمنية	٣-٥ ثوانٍ	٤-٦ ثوانٍ
رقبة الصمام	طويلة ظاهرة	قصيرة غير ظاهرة
صورة		

جهاز عمل شرقي



جهاز عمل غربي



كيفية تمييز القنابل الدفاعية عن القنابل الهجومية :

يمكن تمييز القنابل الدفاعية عن القنابل الهجومية غالبا من خلال الجسم الخارجي للقنبلة اليدوية . ففي القنابل الدفاعية يكون الغلاف الخارجي معدني سميك محزز أو بلاستيكي عليه خطوط محززة بارزة تكون الشظايا مثبتة تحت الغلاف ، بينما القنابل الهجومية يكون غلافها الخارجي أملس رقيق سواء كان بلاستيكي أو معدني

ب- القنابل المضادة للدروع

عبارة عن علبة تحتوي على مواد متفجرة وتقسم الى ثلاثة أقسام :

- **جهاز العمل** : يعمل تحت تأثير الصدمة. من الداخل يحتوي علـى نابض وناقر ومظلة من القماش. أمام الناقر يوجد مسمار الأمان يثبت قطعتين معدنيتين مهمتهما تثبيت الغطاء الموجود فوق المظلة والذي يمنعها من الإنفلاش، ويأتي الصاعق منفصلاً عن جهاز العمل ويثبت داخل القنبلة بعد نزع جهاز العمل وهو مجهز بكبسولة ولا يحتوي على حشوة زمنية،
- **البدن الخارجي** ويكون عادةً من المعدن الرقيق مهمته حفظ المواد،
- **الحشوة الداخلية** : عبارة عن مواد شديدة الإنفجار (TNT+RDX أو هيكسوجين) مصنوعة على شكل حشوة موجهة مع قمع نحاسي.

ثانيا- القنـــابل الاشتعاليـــة (كيميائية) :

صممت هذه القنابل كي تعطي غازات فقط، لذلك جعلوا بدنها الخارجي من المعدن الرقيق أو البلاستيك. تحتوي على حشوة اشتعالية وجهاز عمل اشتعالي

وهناك أربعة أنواع من القنابل الاشتعالية :

١- **القنابل المسيلة للدموع :**

رمزها الدال عليها CS (عادية تاثيرها دمعي) أو CN (سامة وتسبب حروق). مدة نشرها للغازات حوالي ٤٥ ثانية.

تؤثر على الجسم بما يلي :

- إنهمار في الدموع،حرقة في العيون،حرقة في البلعوم،سعال شديد،تقيوء ،حرقة في الجسم المكشوف (اليدين والوجه)،إختناق في الاماكن المحصورة.

طرق الوقاية من هذه القنابل :

- استخدام القناع الخاص المضاد للمواد الكيميائية،
- شم رائحة الخل أو البصل،

- اشعال النيران في الاماكن المحيطة،
- الصعود الى الاماكن المرتفعة،
- الخروج بسرعة الى الهواء الطلق.
- وضع القنبلة في وعاء يحتوي على الماء والصابون

إستخدامها :

تستخدم لتفريق التظاهرات وإقتحام المنازل والحافلات.

٢- **القنابل الدخانية :**

رمزها الدال عليها SMOKE تعطي الوان دخان مختلفة تحدد بحسب لون بدنها الخارجي، أو بما هو مكتوب عليها. تستخدم هذه القنابل كرموز بين المجموعات ، كغطاء في حرب الشوارع أو كغطاء ضد سلاح الجو.

٣- **القنابل الحارقة :**

رمزها الدال عليها TH (نسبةً إلى حشوتها المسماة THERMITE). مدة نشرها للحرارة حوالي الدقيقة بقوة ٤٠٠٠درجة مئوية تقريباً . تستخدم هذه القنابل لضرب محاصيل ومستودعات وآليات العدو.

ملاحظة : تختلف القنابل الإشتعالية من حيث نشر الغازات عن بعضها البعض وذلك حسب حجم بدنها الخارجي.

٤- **القنابل الحارقة الدخانية**

ويرمز لها W.P وتستخدم لغرضي الحرق والدخان .

كيفية التمييز بين القنابل الانفجارية والقنابل الكيميائية :

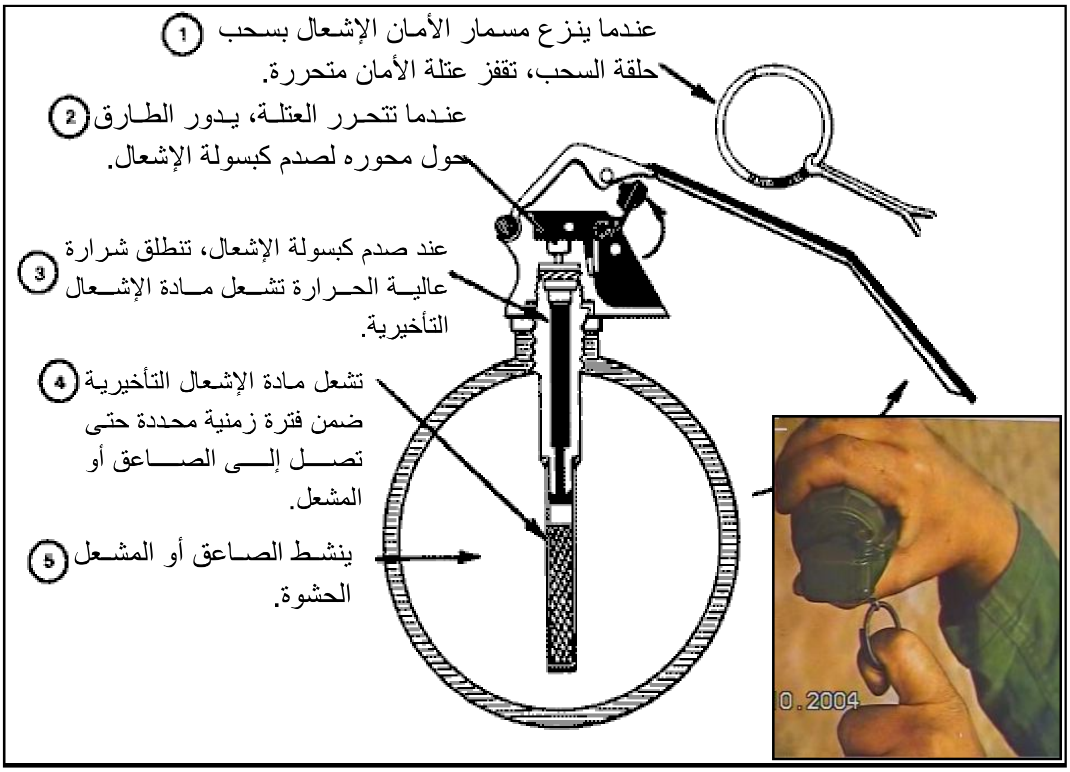
من حيث	القنابل الانفجارية	القنابل الكيميائية (الاشتعالية)
الحجم	صغير	أكبر نسبيا
الثقوب	ليس به ثقوب	توجد ثقوب غالبا
المدة الزمنية	انفجار لحظي	طويلة تستمر من ١٥ وحتى ٩٠ ثانية
البدن الخارجي	به شظايا او معدني رقيق	معدن رقيق او بلاستيك

قنابل خاصة :

قنبلة الوميض (flash bomb) تعطي صوت قوي ووميض قوي لإبهار البصر.

ميكانيكية عمل القنبلة اليدوية :

- تمسك القنبلة اليدوية بحيث توضع عتلة الأمان على راحة اليد مع الضغط على جسم القنبلة بأصابع اليد بإحكام.
- ينزع مسمار الأمان من الصمام بسحب حلقة السحب
- المحافظة على الضغط على عتلة الأمان
- عتلة الامان تقفز متحررة حالما ينتزع مسمار الأمان.
- عندما ترمى القنبلة، تتحرر عتلة الأمان وتقذف بعيدا عن جسم القنبلة
- مما يؤدي الى تحرر الابرة
- من ثم يصعق الطارق كبسولة الإشعال
- ثم تشعل الكبسولة مادة الإشعال التأخيرية ضمن فترة زمنية محددة
- ثم تنشط إما الصاعق (يفجر الحشوة) أو المشعل (يشعل الحشوة) .



إستخدام القنابل :

الإحتياطات التأمينية للقنابل عامة :

١- قبل ادخال جهاز العمل يجب التأكد من عدم وجود أي عازل داخل القنبلة،

٢- التأكد من صلاحية جهاز العمل (أن لا يكون مشوهاً)،

٣- التأكد من نوع القنبلة وميزاتها (هجومية ، دفاعية ، كيميائية ، ..) .

٤-تثبيت جهاز العمل بالقنبلة جيداً وخاصة القنابل الفرنسية،

٥- التأكد من أن جهاز العمل متوافق مع القنبلة،

٦- يمنع رمي القنابل من داخل الغرف وخاصةً النوافذ،

٧- يمنع رمي القنابل في المناطق الحرشية بالطرق التي ترمى في المناطق العادية،

٨- يمنع وضع القنابل في الجعب بحيث تكون حلقة الأمان ظاهرة (توضع جهة الحلقة للأسفل)،

٩- حمل القنبلة بحيث تكون عتلة الأمان لجهة بطن الكف وليس لجهة الأصابع.

١٠- إبقاء الضامن باليد . لحين انفجار القنبلة .

كيفية استخدام القنابل اليدوية

للحصول على اكبر فائدة من استخدام القنابل يجب ان تأخذ عند رمي القنبلة خط مرور عالي وزاوية حادة حتى يتمكن الرامي من إصابة الأهداف المخفية خلف السواتر . وقد يقابل المقاتل في الميدان وخصوصاً عند القتال في الأراضي الضيقة أو الكثيرة السواتر وضعيات تحتم عليه إستخدام طريقة خاصة لقذف القنابل وذلك حتى لا تصطدم بالسواتر وتقع بالقرب منه.

ترمى القنبلة بشكل قوسي وذلك لعدة أسباب : -

- ❖ من أجل تأخير وصولها حتى لا يبقى زمن تأخيري عند وصولها للعدو كي لا يكون لديه وقت للتصرف (الهروب أو الانبطاح أو ردها علينا ..) .
- ❖ عندما ترتطم القنبلة بالأرض فإنها تثبتنوعاً ما ولا تتدحرج كما لو رميت بطريقة أخرى

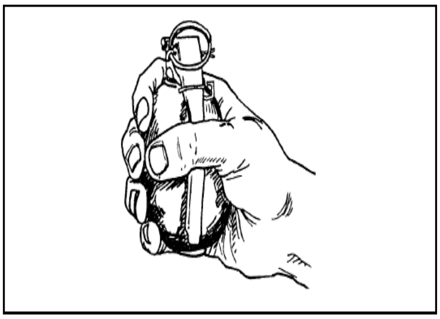
- وعند القذف من فتحات الشبابيك أو أبواب الغرف أو السيارات يجب عدم ترك القنبلة إلا عند وصول اليد الى فتحة النافذة، وذلك لضمان عدم اصطدام القنبلة وسقوطها بجانب الرامي ،
- وفي حال الرمي من خلف الشجرة تقذف القنبلة في خط مستقيم وليس في حركة دائرية.
- يجب الاستتار أو الانبطاح عند رماية القنبلة لا سيما الدفاعية .

ملاحظة :

القنابل العنقودية هي عبارة عن قنبلة كبيرة يوجد بداخلها مجموعة من القنابل الصغيرة ، وتنفجر هذه القنبلة بعد خروجها من الطائرة بوقت محدد بحيث تنشر القنابل الصغيرة على أكبر مساحة ممكنة ، حيث تنفجر هذه القنابل الصغيرة عند اصطدامها بالأرض ..

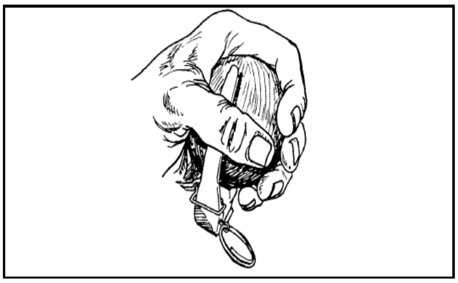
❑ إجراءات مسك القنبلة اليدوية:

يجب على المقاتل أن يتعلم الطريقة الصحيحة لمسك القنبلة لكي يستطيع أن يصليها ويرميها بشكل صحيح ودون أية إعاقة، لذلك يعتبر التدريب المستمر هو المفتاح الأساسي للمحافظة على مسك فعال. تختلف إجراءات المسك باليد اليمنى عنها باليد اليسرى.



أ – تمسك القنبلة في اليد الرامية مع وضع عتلة الأمان بين المفصل الأول والثاني للإبهام وذلك لتأمين رمي آمن وفعال.

ب – إذا كان الرامي يرمي باليد اليمنى، يمسك القنبلة إلى الأعلى مع وضع حلقة السحب من الجهة المعاكسة لباطن الكف لكي يسهل عملية سحب الحلقة بالسبابة أو الوسطى لليد الحرة.



ت – إذا كان الرامي يرمي باليد اليسرى، يعكس وضعية القنبلة مع وضع الأصابع والإبهام لليد الرامية في نفس الوضعية عند الرمي باليد اليمنى.

❑ رمي القنبلة اليدوية:

نظراً لقلة المقاتلين الذين يرمون القنبلة بنفس الطريقة، فإنه من المتعذر وضع قواعد أو تقنيات نهائية لرمي القنابل اليدوية. هناك طريقة مفضلة لرمي القنابل اليدوية:

أ – **استخدام القنابل:** تستخدم الإجراءات التالية:

١– انظر إلى الهدف لتخمين المسافة بين مركز الرمي ومنطقة الهدف. عند النظر إلى الهدف، قلل قدر الإمكان زمن التعرض للهدف (ليس أكثر من ٣ ثوان).

٢– امسك القنبلة في اليد الرامية.

٣– التقط حلقة السحب بإصبع السبابة أو الوسطى لليد الأخرى. اسحب مسمار الأمان بحركة سحب وبرم في نفس الوقت. إذا سمح الوضع التكتيكي، تأكد من سحب مسمار الأمان.

٤– انظر إلى الهدف وارم القنبلة مستخدماً حركة اليد عند السباحة أو كرة المضرب لكي تسير القنبلة ضمن مسار مقوس (منحني)، وتسقط على أو قرب الهدف.

٥– اترك حركة الذراع لليد الرامية بأن تستمر بشكل طبيعي عند إفلات القنبلة وذلك لتخفيف الإجهاد وتعب اليد الرامية.

٦– تدرب بشكل مستمر على مختلف وضعيات وطرق الرمي الصحيح.

ب – **وضعيات الرمي:** تستخدم وضعيات الرمي في التدريب لتوحيد وتنظيم عملية الرمي، ولمؤالفة الجندي للطريقة المناسبة لرمي القنابل في المعركة:

١- ***وضع الوقوف:*** هو الأكثر استخداماً والأكثر ملاءمة لرمي القنابل، إذ يسمح بتحقيق أكبر مسافة رمي ممكنة. يستخدم هذا الوضع عند التواجد في مراكز قتالية أو مواقع محصنة أو المناطق المبنية. عند الرمي من هذا الوضع تستخدم الإجراءات التالية:

أ – انظر إلى الهدف لتخمين المسافة. امسك القنبلة بشكل صحيح وذخر القنبلة خلف الساتر.

ب – قف بشكل طبيعي بموازنة ثقل الجسم على كلا القدمين. ارفع القنبلة على مستوى الكتف وضع اليد الأخرى بزاوية ٤٥° مع مد الأصابع مجمعة نحو الهدف.

ت – ارم القنبلة بحركة طبيعية، مستخدماً الإجراءات المشروحة سابقاً .

ث – خذ مكان محمي لتجنب الشظايا أو رمايات العدو المباشرة. إذا لم يتوفر ساتر، انبطح على الأرض مع توجيه الخوذة باتجاه انفجار القنبلة.

٢- ***وضع الركوع:*** يقلل هذا الوضع مسافة الرمي. يستخدم بشكل أساسي عند الرمي من وراء جدار منخفض، خندق قليل العمق، أو أي أماكن مشابهة. عند الرمي من هذا الوضع تستخدم الإجراءات التالية:

أ – انظر إلى الهدف لتخمين المسافة. امسك القنبلة بشكل صحيح وذخر القنبلة خلف الساتر.

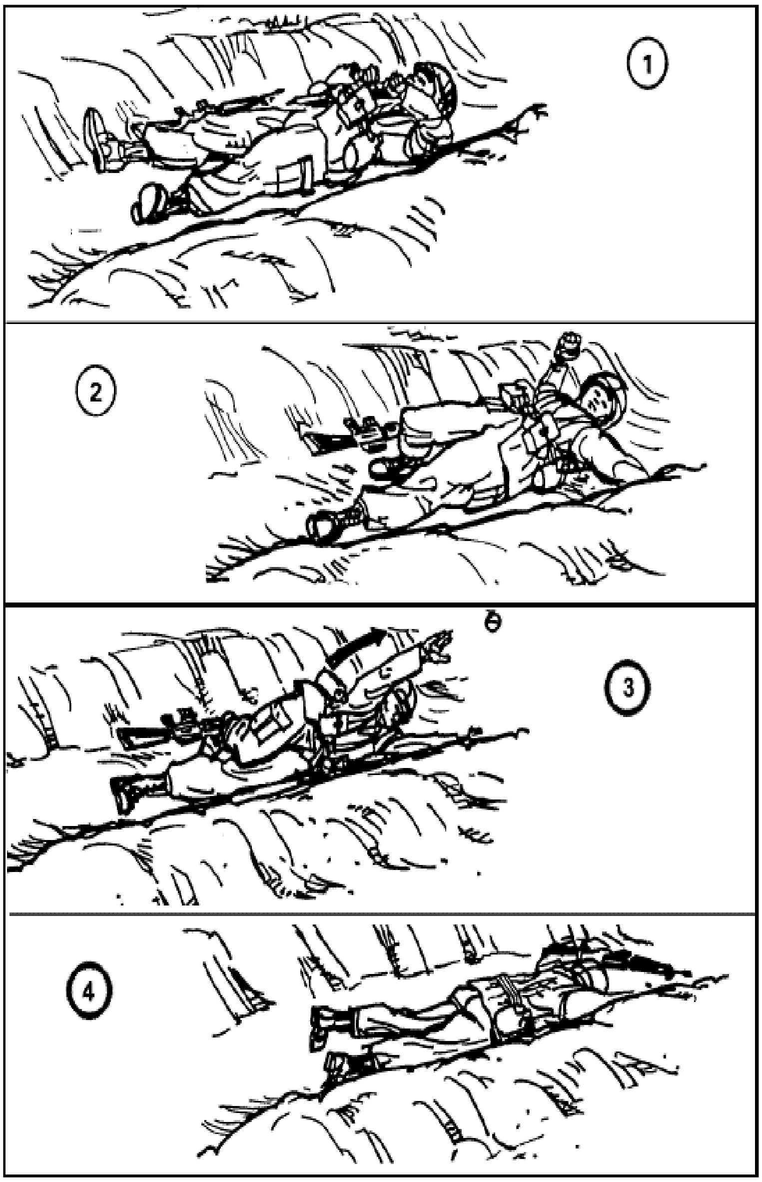
ب – تمسك القنبلة على مستوى الكتف وتثنى الرجل الغير رامية بزاوية ٩٠° وتوضع الركبة على الأرض. اترك الرجل الأخرى مستقيمة ومثبتة بالأرض بإحكام بواسطة حافة الحذاء. حرك جسمك لمواجهة الهدف بشكل جانبي. ترفع اليد الغير رامية بزاوية ٤٥° مع مد الأصابع مجمعة نحو الهدف.

ت – ارم القنبلة بحركة طبيعية. اضغط بالرجل المستقيمة لزيادة قوة الرمي.

ث – خذ مكان محمي وانبطح لتجنب أو تقليل التعرض للشظايا ونيران العدو المباشرة.

٣- ***وضع الانبطاح التبادلي:*** يقلل هذا الوضع كلاً من مسافة ودقة الرمي. فهو يستخدم فقط عندما يكون المقاتل في وضع الانبطاح ويكون عاجزاً عن النهوض بسبب رمايات العدو. عند الرمي من هذا الوضع تستخدم الإجراءات التالية:

أ - استلق على ظهرك بشكل يكون جسمك موازي لمسار القنبلة. امسك القنبلة بمستوى الذقن والصدر واسحب مسمار الأمان.



ب - اثن الرجل الرامية بزاوية ٤٥ْ، محافظاً على تلاصق الركبتين وثبت حافة الحذاء بإحكام في الأرض. امسك القنبلة خلف الأذن بمسافة ١٠-١٥ سنتم مع ثني الذراع تحضيراً للرمي.

ت - باليد الأخرى، التقط أي شيء قادر على إعطاء قوة إضافية لزيادة مسافة الرمي. عند رمي القنبلة اضغط على مؤخرة القدم قوة إضافية للرمية. لا ترفع رأسك أو جسمك عند محاولة رمي القنبلة فقد يعرضك لرمايات العدو المباشرة.

ث - بعد رمي القنبلة، تدحرج (إقلب) على بطنك وابق ملاصقاً للأرض.

أنواع القنابل

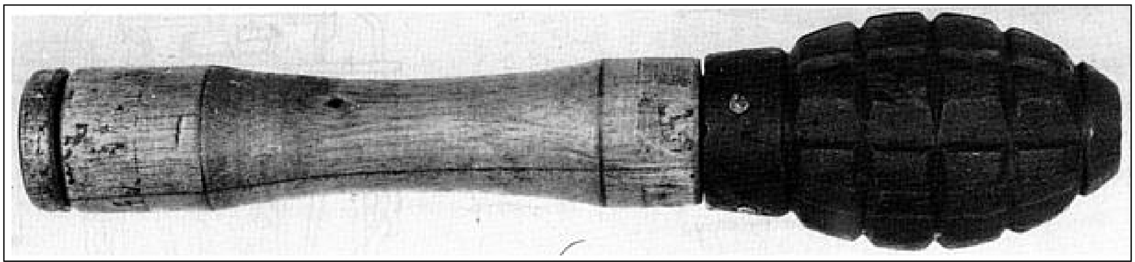
لقنابل الصينية

١- القنابل ذات العصا :

وهي قنابل دفاعية منها الأملس ومنها المحزَّز. محتوياتها : بعضها يحوي حامض البيكريك وبعضها الآخر يحوي خليط من النيتروغليسرين أو الـTNT مع نيترات البوتاسيوم او النشارة مع نيترات الامونيوم وثاني النايترونفتالي . جهاز عملها عبارة عن سحب خيط في خليط كيميائي إحتكاكي.

من هذه القنابل القنبلة الدفاعية المحززة ، عند الانفجار تعطي قليلاً من الشظايا الكبيرة الحجم وعددا كبيراً من الشظايا الصغيرة الحجم مثل الغبار. الحشوة هي حامض البيكريك (لم يعد يستعمل لملأ القنابل في الغرب منذ وقت طويل) وبدن القنبلة مطلي من الداخل بالفرنيش،

وفي ما يلي معلومات عن القنبلة :



الوزن	٥٠٠ غرام	**نوع الحشوة**	حامض البيريك
الطول	٢٢,٨ غرام	**مدة التأخير**	٢,٥ _ ٥ ثوان
القطر	٥ سنتم	**مدى التشظية الفعال**	١٠ أمتار
وزن الحشوة	٩٩ غرام		

٢- القنبلة العصا 1-77 :

جهاز عملها نفس جهاز عمل القنبلة المذكورة سابقاً، الرأس من الحديد المصهور، أملس من الخارج وأسطواني.

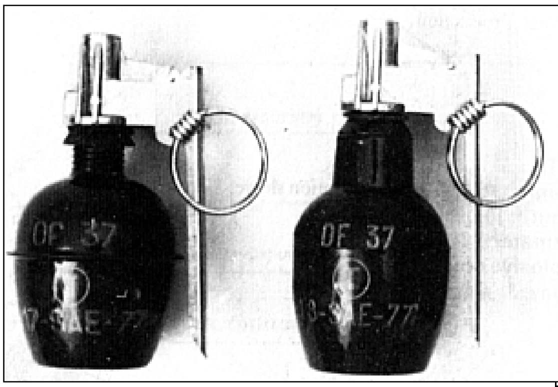
الطول	١٧٠ – ١٧٣ ملم
الوزن	٣٦٠ –٣٨٠ غرام
القطر	٤٨,٥ ملم
مدة التأخير	٢,٥ – ٥ ثوان
مـــدى التشـــظية الفعال	١٠ أمتار

القنابل الفرنسية

١- قنابل ألسيتكس (ALSETEX) :

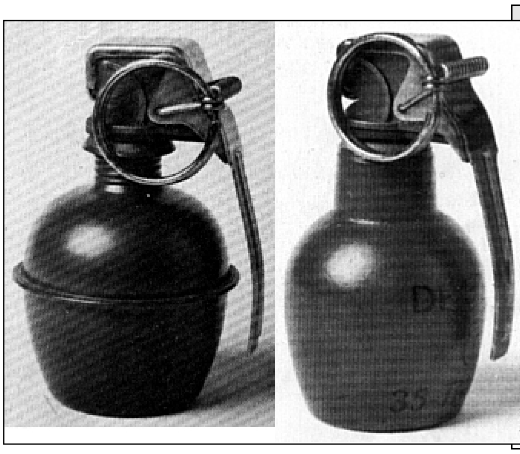
يوجد منها نسخات دفاعية و هجومية. الدفاعية مصنوعة من معدن سميك، أما الهجومية فهي مصنوعة من غطاء معدني رقيق. وفيما يلي معلومات عن النموذجين :

	الدفاعية	الهجومية
القطر	٥٥ ملم	٦٠ ملم
الطول	١٠٠ ملم	٩٥ ملم
الوزن	٥٤٠ غراع	١٤٠ غراع
وزن الحشوة (TNT)	٦٥ غراع	٩٠ غراع



٢- القنبلة اليدوية نوع ١٩٣٧ :

	الدفاعية	الهجومية
البدن الخارجي	حديد	ألمنيوم
القطر	٥٥ ملم	٦٠ ملم
الطول كامل	٩٥ ملم	١٠٠ ملم
وزن الحشوة	؟	٧٨ غراع
الوزن الكلي	٥٤٠ غراع	١٨٠ غراع
مدة التأخير	٤-٧ ثوان	

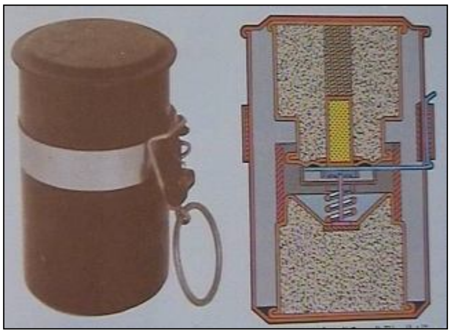


٣- القنابل الدفاعية الفرنسية ٣٧ ١ ٤٦ :

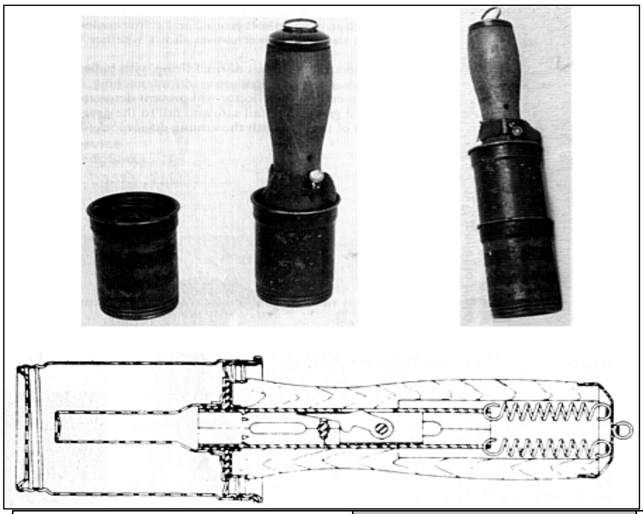
بدنها الخارجي من الحديد الصلب الحشوة المتفجرة من مادة الـTNT. شكلها بيضاوي أملس :

٤- القنبلة الصدمية

الوزن الكامل	٣٢٠ غ
وزن المادة المتفجرة	١٠٥ غ
الارتفاع	٨,٤ سم
قطر الجسم	٥,٣ سم
الزمن التأخيري	صدمية – لا يوجد



القنابل اليدوية الهنغارية



١– القنبلة الهجومية M 42 :

وهي قنبلة هجومية ، احدى الميزات الغير عادية في هذه القنابل هي أنه يمكن وصل عدة قنابل مع بعضها البعض. هناك ثلاث خطوط حمراء عرض نصف إنش مرسومة على البدن،

وفيما يلي معلومات عن القنبلة :

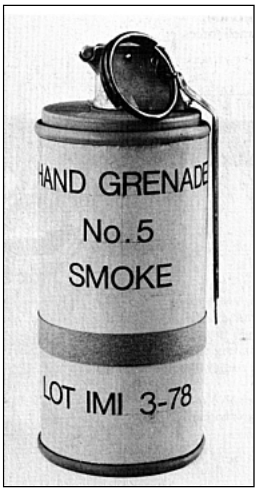
النوع	متفجرة	**نوع الحشوة**	TNT
الوزن	٣١٠ غرام	**نوع الصاعق**	تأخيري
الخدمة	قديمة وللان تقريبا	**مدة التأخير**	٣,٥ – ٤,٥ ثانية
القطر	٤٨ ملم	**المدى بواسطة الرمي**	٣٠ متر
البدن	حديدي	**الطول**	١٩٤ ملم الرأس ٧٦ملم العصا ١١٨ملم
وزن الحشوة	١٣٤ غرام		

القنابل اليدوية الإسرائيلية

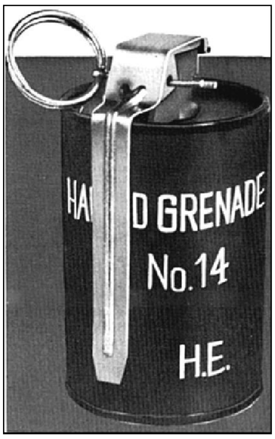
١- القنبلة الدخانية No 5 :

تستعمل لإرسال إشارة أو للتغطية (لحوالي الدقيقتين)

مواصفات



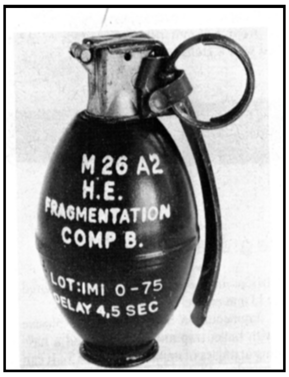
٢- القنبلة الهجومية No 14 :



الوزن الكامل	٢٣٥ غم
الارتفاع الكلي	١٣,٥ سم
قطر الجسم	٦,٤ سم
وزن العبوة	٢٠٠ غم
تنفجر بدوي ووميض قويان	

٣- القنبلة المشظية M26A2 :

نسخة عن النموذج الأمريكي



القنابل اليدوية الروسية

١- القنبلة الهجومية الروسية RGD5 :

بدنها الخارجي من المعدن الرقيق ، شكلها بيضاوي والحشوة المتفجرة من مادة الـ TNT .

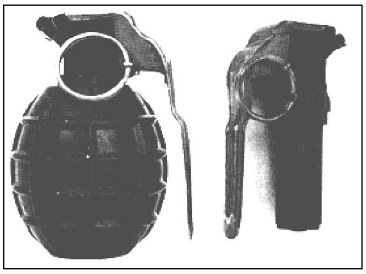
الوزن الكامل	٣١٠ غم
وزن المادة المتفجرة	١١٠ غم
قطر الجسم	٥,٧ سم
الارتفاع	١١,٤ سم

٢- القنبلة الدفاعية الروسية F1 (MILZ) :

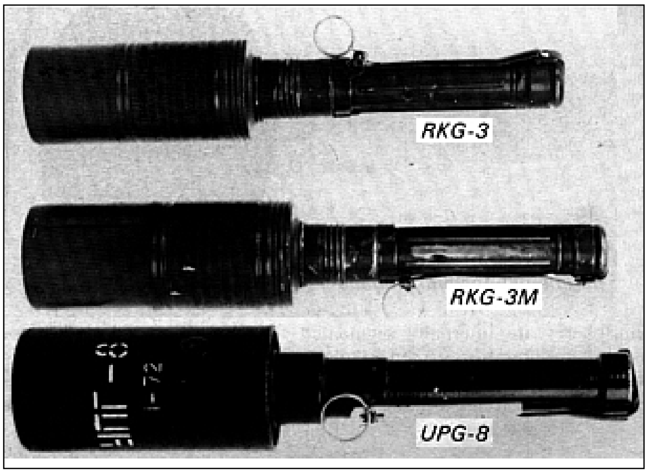
بدنها الخارجي من الحديد الصلب مقطع على شكل أبراج يحوي على ٣٦ شظية. تعتبر من القنابل الغير فعالة و القديمة الصنع. عرفت واستخدمت بشكل واسع في الحرب العالمية الثانية ١٩٣٩.

الوزن الكامل	٣١٠ غم
وزن المادة المتفجرة	١١٠ غم
الارتفاع	١١,٤ سم
قطر الجسم	٥,٧

٣- القنبلة الدفاعية الروسية M75 :



٤- القنابل الروسية المضادة للدبابات RKG-3 ، RKG-3M و UPG-8 :



الوزن الكامل	١,٠٧ كجم
وزن المادة المتفجرة	٥٦٧ غم
الارتفاع	٣٦,٢ سم
قطر الجسم	٥,٦ سم
قدرة الاختراق	١٦,٥ سم
تعمل على الصدم	

القنابل اليدوية الأمريكية

١- القنبلة الهجومية الأمريكية M 962 :

بدنها الخارجي من البلاستيك ، شكلها أسطواني والحشوة من مادة الـ TNT

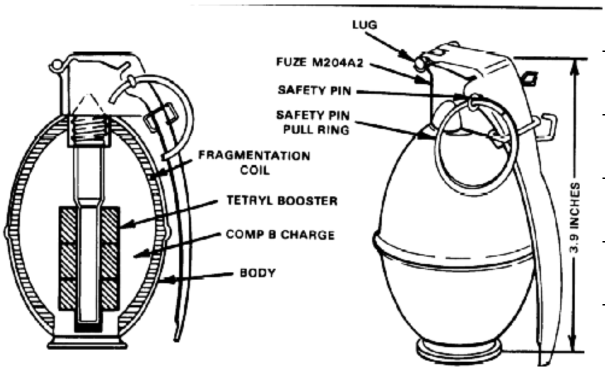
٢- القنبلة الهجومية الدفاعية الأمريكية NR7 :

تـأتي هذه القنبلـة مجهزة بقميص معدني (فولاذي) علـى شكل رصُّور يتحوي علـى ٥٥ شظية. تستخدم في حالة الدفاع وتحمل إسم NR5 ويمكن استخدامها في هذه الحالـة كَلُغْم مشظي بعد تجهيزها بماسورة شد بدل جهاز العمل ، وتثبت بوتد خاص بواسطة الفتحة المحلزنـة الموجودة أسفل القنبلة. ويمكن استخدام هذه القنبلة هجومية بعد نزع القميص المعدني.

٣- القنبلة الدفاعية الامريكية M-K2 :

بدنها الخـارجي من الحديد الصلـب ، الحشوة المتفجرة من مـادة الـ TNT تعطـي حوالي ٤٥ شظية، تعتبر هذه القنابل من القنابل الغير فعالـة والقديمة الصنع ويمكننا القول ان القنبلة MK بموازاة القنبلة F1.

٤- القنبلة اليدوية M-26 :



الوزن الكامل	٤٥٤ غرام
زمن التأخير	٤_٧ ثوان
التأثير	١٠٠٠ شظية صغيرة
الصناعة	أمريكا ، أسرائيل

٥- القنبلة الدفاعية المشظيةM69 :

لا يمكن رميها الا بواسطة اليد، البدن الخارجي من الحديد ينشطر كالشظايا عند الانفجار ، بالإضافة الى حلقة الامان هناك شريطة صغيرة تحافظ على عتلة الامان في مكانها في حال سحبت حلقة الامان عن غير قصد ، وعند الرمي تسحب هذه الشريطة ثم تسحب حلقة الامان.

يوجد منها نموذج تدريب يسمى M69، لونها أزرق ولون عتلة الامان بني.

البدن	حديدي
الوزن	٠,٣٩ كلغ
الطول	٨٩,٧ ملم
القطر	٦٧,٥ ملم
الشعاع المؤثر	١٥ متر
مدى الرمي	٤٠ متر
نوع الحشوة	مركب B ١٨٠ غرام
الصاعق	أزيد الرصاص (RDX)
مدة التأخير	٤_٥ ثوان

٦- القنبلة اليدوية المشظية M-61 :

لها نفس جهاز عمل القنبلة M-67 ولكنها أكبر منها بقليل. وتمتاز عنها بأنها تحتوي على شريطة مقطعة أما بدنها فهو من الحديد كمصدر للتشظية . وهي أثقل بقليل من الـ M-67 ، ولذلك لا يمكن رميها لنفس المدى. وفي ما يلي معلومات عنها :

البدن	صفيحة معدنية رقيقة عليها شريط حلزوني مقطع	**الحشوة**	١٦٥ غرام (مركب B) و ٨ غرام (حشوة تتريل)
الوزن	٤٥٠ غرام	**الشعاع المؤثر**	١٥ متر
الطول	٩٩ ملم	**الصاعق**	أزيد الرصاص ، RDX
القطر	٧٥ ملم	**مدة التأخير**	٤-٥ ثوان

٧- القنبلة المشظية M-68 (تعمل على الصدمة) :

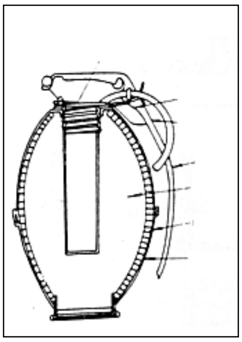
البدن والحشوة ومدى الرمي والشعاع القاتل هو نفس خصائص النوع M-67، ولكن جهاز العمل مختلف، فبعد رمي القنبلة بالطريقة العادية يبدأ اشتعال حشوة اشتعالية وهذه الحشوة تزود التيار اللازم لتفجير الصاعق خلال ثانية أو ثانيتين ، ولكن الصاعق لا ينفجر الا عندما يحدث اصطدام للقنبلة بسطح قاس. وإذا لم تتفجر القنبلة نتيجة الاصطدام فإنها ستنفجر بواسطة الحشوة الزمنية خلال ٤ ثوان ونصف. **وفيما يلي معلومات عن القنبلة :**

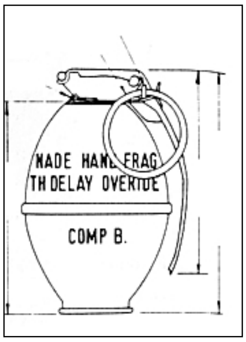
الوزن	٣٩٠ غرام	الحشوة	مركب B بوزن ١٨٤ غرام
البدن	حديدي	الصاعق	أزيد الرصاص ، بتن
الطول	١٢٦ ملم	مدة التأخير	٣،٧ – ٤،٥ تقريباً
القطر	٦٤ ملم		

٨- القنبلة المشظية M57 و M26A2 (تعمل بالصدمة) :

يتألف البدن الخارجي من قسمين: علوي وسفلي، من الخارج معدني رقيق ومن الداخل يحتوي على شريطة مقطعة. بدنها مشابه لبدن القنبلة M-61 ولكنه أقصر بقليل، كما لا تحتوي هاتان القنبلتان على حشوات مساعدة، جهاز عملها نفس جهاز عمل الـ M-68 . بالاضافة الى حركة الامان تحتوي القنبلة M57 على شريطة أمان تحافظ على عتلة الامان في مكانها في حال سحبت حركة الامان عن غير قصد (وهذا هو الفرق الوحيد بينها وبين الـ M26A2) وفيما يلي معلومات عنها :

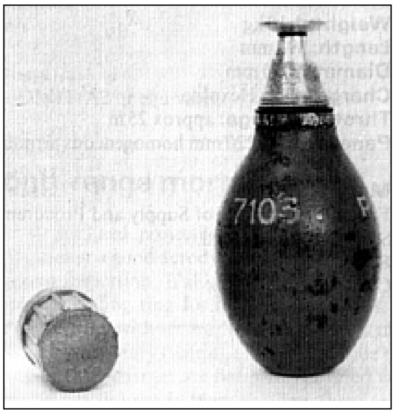
الوزن	٥٤٥ غرام
الطول	٩٩ ملم
القطر	٥٧ ملم
الحشوة	مركب B ١٥٦ غرام
الصاعق	أزيد الرصاص
مدة التأخير	٣ – ٧ ثوان





القنابل اليوغسلافية

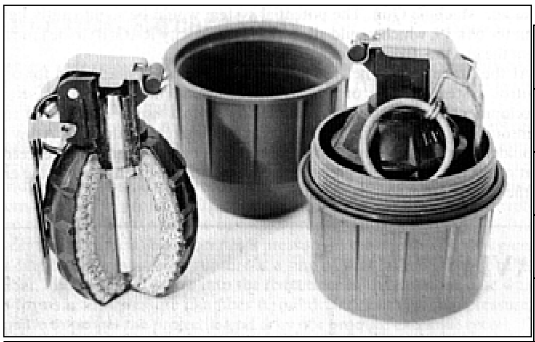
١- القنبلة M-69 :



كل القنابل اليوغوسلافية لها نفس التصميم. القنابل القديمة لها صاعق اصطدامي اما الجديدة منها فلها صاعق تأخيري، أحد الامثلة النوعية لهذه القنابل هو القنبلة M 69 والتي تزن ٦٠٠ غرام ولها صاعق تأخيري لمدة ٤-٥ ثوان.

٢- القنبلة اليدوية M-75 :

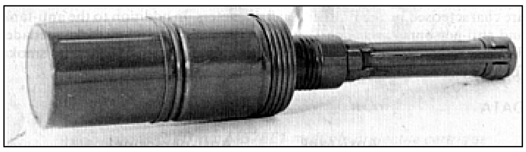
هذه القنبلة تحتوي على كرات حديدية معبئة في داخل بدن يلاستيكي، ويمكن تخزينها لمدة عشر سنوات على الأقل، وتعمل على درجات حرارة متفاوتة (من -٢٠ الى + ٦٠) وهي أمينة إذا ما وقعت من علو ١٠ أمتار، وفيما يلي معلومات عن هذه القنبلة :



الوزن	٣٥٥ غرام
القطر	٥٧ ملم
الطول	٨٩ ملم
الحشوة المتفجرة	٣٦ غرام (حشوة بلاستيكية)
مدة التأخير	٣-٤ ثوان
الكرات الحديدية	٣٠٠٠ كرة ، قطر الواحدة ٢,٥ الى ٢,٩ ملم

٣- القنبلة المضادة للدبابات M – 79 :

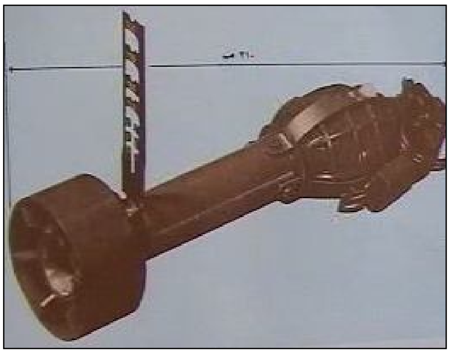
وهي تحتوي على حشوة جوفاء تبقى على المسافة الافضل لبعدها عن الهدف عند انفجارها. القبضة تحتوي على جهاز العمل الاشتعالي وعلى مظلة صغيرة لتضمن التوجية الصحيح عند الإصطدام بالهدف. الصاعق الاصطدامي يتسلح بعد أن تسحب المظلة عند الرمي ، وفيما يلي معلومات عنها :



الوزن	١١٠٠غرام
الطول	٣٩٧ ملم
القطر	٧٦ ملم
الحشوة	٤٠٠ غرام (هيكسولايت)
مدى الرمي	٢٥ ، تقريباً
قدرة الأختراق	٢٢ سنتم في التدريع المتجانس

قاذفة القنابل اليدوية (النمسا – بلجيكا) نوع ٧٤

6cm Rifle Grenade Type 74



الطول الشامل	٢١ سم
وزن الرمانة نوع هدجر ٧٣	٤٨٠ جم
السرعة الابتدائية	٥٤ م/ث
المدى الأقصى	٢٣٠ م

وفيما يأتي صور لبعض أشكال القنابل اليدوية ومنها مكرر

F1 RGD-5 RG42 RG42 هجر 69

قنبلة يستخدمها حلف الناتو

١- صينية دفاعية ذات عصا
٢- صينية دفاعية خضراء ١-٧٧
٣- مصرية دفاعية دخانية
٤- هجومية يستخدمها الناتو المادة بالداخل تتريل
٥- روسية هجومية RGD5 المادة TNT
٦- روسية دفاعية F1 المادة TNT
٧- نمساوية دفاعية ٦٩ هدجر المادةC3
٨- صينية دفاعية صدمية

قنبلة M7/CS مسيلة للدموع ايطالية

مواصفاتها:

- غاز مسيلة للدموع
- موجودة بكثرة في بلاد ليبيا بعد القذافي
- سهلة الاستخدام **(بالامكان تكبير الصور)**
- تفك من الوسط من اللاصق كما بالصور
- تتكون من قطعتين معدنيتن بداخلها المواد الكيميائية
- لها جهاز عمل ميكانيكي اشتعالي
- مكانه موجود تحت الورقة السوداء ويوجد سهم يدلك على مكان جهاز العمل
- كما نرى بالصور انه عبارة عن حلقة بلاستيكية بها حبل يشعل جهاز العمل ونتركركم مع الصور
- **تنبيه:** اذا اردنا فتحها للتعليم فلتكن في مكان مفتوح لانها تؤذي.

قنبلة مضادة للدروع:

مواصفاتها

- روسية المنشأ
- تكثر في ليبيا بعد القذافي
- تتكون من جهاز عمل ميكانيكي ومظلة وحشوة جوفاء بقمع
- تكون الصواعق في علب كرتونية منفصلة
- كل علبة تحتوي على عشر صواعق
- عند الاستخدام يتم وضع الصاعق في مكانه الخاص في القنبلة
- ومن ثم يركب جهاز العمل
- حين الاستخدام يشد الضامن وترمى بقوة
- يكون هناك مسمار وزنبرك يقذف الذراع الممسك بجهاز العمل
- بعد الرمي مباشرة تفتح المظلة
- حين الاصطدام تنفجر القنبلة
- **تنبيه:** يجب فتح جهاز العمل للتاكد من صلاحية المظلة للاستخدام
- وهذه الصور للتوضيح

تكتيك استخدام القنابل اليدوية

تزود القنابل اليدوية المقاتل بسلاح فعال ومتعدد الاستعمالات. فالمقاتل يستخدم القنابل في جميع مراحل المعركة وفي مختلف الظروف لتجنب كشف موقعه، للحفاظ على الذخيرة، ولإحداث أكبر قدر من الإصابات.

❖ **الاستعمال:** يستخدم الجنود القنبلة في الدفاع، الهجوم والانسحاب. كما يستخدمونها في القتال المتقارب وأثناء العمليات خلف خطوط العدو، وأيضاً في مختلف ظروف المعركة، وفي كل أنواع الأراضي. للقنابل اليدوية استعمالات خاصة هي:

- **القنابل المتشظية:** تستخدم بشكل أساسي لقتل أو جرح جنود العدو ولكن يمكن استخدامها لتدمير أو تعطيل المعدات.
- **القنابل العصفية:** تستخدم في العمليات الهجومية وخاصة في الأماكن المغلقة بغية قتل العدو دون إصابة القوات الصديقة المهاجمة بالشظايا.
- **القنابل الحارقة:** تستخدم بشكل أساسي لتدمير المعدات وإحداث الحرائق. ويمكن استخدامها أيضاً لتدمير وتعطيل الآليات والأسلحة.
- **القنابل الدخانية الملونة:** تستخدم بشكل أساسي لتحديد وتعليم المواقع.
- **القنابل الدخانية البيضاء:** تستخدم لإنشاء ستارة دخانية تخفي حركة القوات الصديقة.
- **القنابل المسيلة للدموع:** تستخدم للسيطرة على التجمعات وعمليات الشغب.
- **القنابل المدوخة:** تستخدم لإحداث الذهول المؤقت أو لإرباك المتواجدين في مكان مغلق كالمباني والغرف.

على الرغم من استخدام مختلف أنواع القنابل في الحروب الحديثة، إلا أن القنبلة المتشظية تبقى الأكثر أهمية ليس فقط لأنها تقتل بل أيضاً لأن استعمالها محفوفاً بالخطر. فالقنبلة المتشظية يمكن أن تصيب الصديق كما تصيب العدو، لذلك يجب أخذ أقصى درجات الحذر لحماية القوات الصديقة عند استخدامها.

❖ **القتال المتقارب:** في ساحات القتال الحديثة، يمكن أن يحدث القتال المتقارب في أي مكان، وأي زمان. بحيث تصبح البندقية والحربة والقنبلة اليدوية هي الأسلحة الأساسية للمقاتل الفرد. فالبندقية تعطي المقاتل القدرة على قتل العدو برمايات مباشرة ضمن المدى الأقصى الفعال. في المقابل تسمح القنبلة اليدوية المتشظية للمقاتل بالاشتباك وقتل العدو المتواجد ضمن قطر ٤٠م حيث يكون خط تسديد البندقية غير كافٍ وفعال. ونظراً لعدم وجود وميض عند رمي القنبلة، فهي أيضاً تساعد على إخفاء موقع المقاتل عند اشتباكه مع العدو. بينما تعتبر البندقية السلاح الأكثر أماناً والمفضل استعمالها في الأمدية القريبة، فإن القنبلة المتشظية تعتبر الخيار الأفضل

عندما يكون العدو ضمن المدى المناسب ولكن طبيعة الأرض تحجب منطقة الاشتباك. تعتبر القنبلة اليدوية سلاح المقاتل لرمايات غير مباشرة.

أ–في كثير من الأوقات خلال القتال، يضطر المقاتل إلى ابتكار طرق غير تقليدية في استخدام القنابل. فمثلاً عند مهاجمة الخنادق أو المراكز القتالية فإن انفجار القنبلة على ارتفاع من الأرض تكون أكثر فعالية. علاوة على ذلك، إذا كان الهدف عند منحدر، فإن القنبلة يجب أن تنفجر مباشرة عند وصولها إلى الهدف تجنباً لتدحرجها بعيداً عن الهدف قبل انفجارها. كما أن الانفجار على ارتفاع من الأرض يمنع العدو من إعادة رمي القنبلة ضمن فترة التأخير ٤–٥ ثواني.

ب– عندما نريد تفجير القنبلة على ارتفاع من الأرض، يسحب مسمار الأمان، تترك عتلة الأمان، نعد مائة وواحد، مائة واثنتان، ونقذف القنبلة وهذا ما يسمى بالصلي المسبق حيث يتم تجاوز فترة كافية (حوالي ٢ ث) من الفترة التأخيرية للقنبلة (٤–٥ ث).

❖ **قواعد الاستعمال:** فيما يلي القواعد الأساسية التي يجب على المقاتل تذكرها عند استخدام القنبلة اليدوية:

. معرفة أماكن ومراكز القوات الصديقة.

. معرفة قطاع الرمي المناط به.

. التأكد من أن مسار القنبلة خال من أية عوائق.

❖ **الاستخدام في الهجوم:** تعتبر القنبلة اليدوية المتشظية هي القنبلة الأساسية التي تستخدم في العمليات الهجومية. فهي تؤمن العنف، التدمير، الطاقة النارية الأساسية للمقاتل الفرد للتغلب على العدو وقتله في القتال المتقارب. كما أنها تساعد على تسهيل حركة المقاتلين عبر إسكات وكسر نيران العدو. للصوت، والوميض والارتجاج الناتج عن القنبلة المتشظية تأثيرات نفسية كبيرة. للقنابل الهجومية العصفية تأثير قاتل أقل بكثير من القنبلة المتشظية على العدو في الأماكن المفتوحة، ولكنها ذات تأثير كبير ضد عدو متحصن في أماكن مغلقة. عند استخدام القنبلة اليدوية في الهجوم تراعى العوامل التالية:

أ– يعتبر الإطباق هو المرحلة الحرجة في الهجوم، حيث يصبح الجنود قريبين جداً من العدو. يستخدم الجنود البندقية، القنابل اليدوية، الحراب أثناء الإطباق. يستخدم الجنود أولاً البندقية، ضمن رمايات دقيقة وصائبة على مراكز العدو المعروفة والمحتملة. يقوم الجنود بهذا كجزء من رهط أو زمرة أو مجموعة. حيث يسيطر على حركته ورماياته ويضبطها مستخدماً الإجراءات المتبعة في التدريب أثناء التحضير للعملية. عندما يصبح الجندي ضمن مدى القنبلة اليدوية، يشتبك مع العدو جامعاً بين الرمايات المباشرة والقنابل اليدوية ويتحرك نحو العدو بسرعة وضراوة.

ب- يتقدم المقاتل نحو العدو كجزء من رهط (عنصرين) حيث يقوم عنصر بالتأمين، ورمايات الإسكات بينما يقوم العنصر الآخر بالتقدم مباشرة بعد انفجار القنبلة. إذا كان العدو متحصن في أماكن مغلقة كالملاجئ والمباني، يفضل استعمال القنابل الهجومية الغير متشظية أكثر من استخدام القنابل المتشظية. وتتم المفاضلة بينهما وفقاً للمتوفر منها ولمتطلبات المهمة. فبالرغم من أن القنبلة العصفية أقل قتلاً، لكنها أكثر أماناً للإستخدام في الأماكن المغلقة. يجب على المقاتل أن يتبع استخدام القنبلة العصفية مباشرة برمايات عنيفة من بندقيته ما لم تتطلب المهمة أسر أفراد العدو.

ج- عند الإطباق، يستخدم المقاتل القنابل اليدوية لتطهير مراكز الأسلحة الجماعية أولاً. وعند اختراق النطاق الدفاعي الأول يستخدم القنابل أولاً لمهاجمة مراكز القيادة والاتصالات ولقتل وأسر قادة العدو المتواجدين في هذه المراكز.

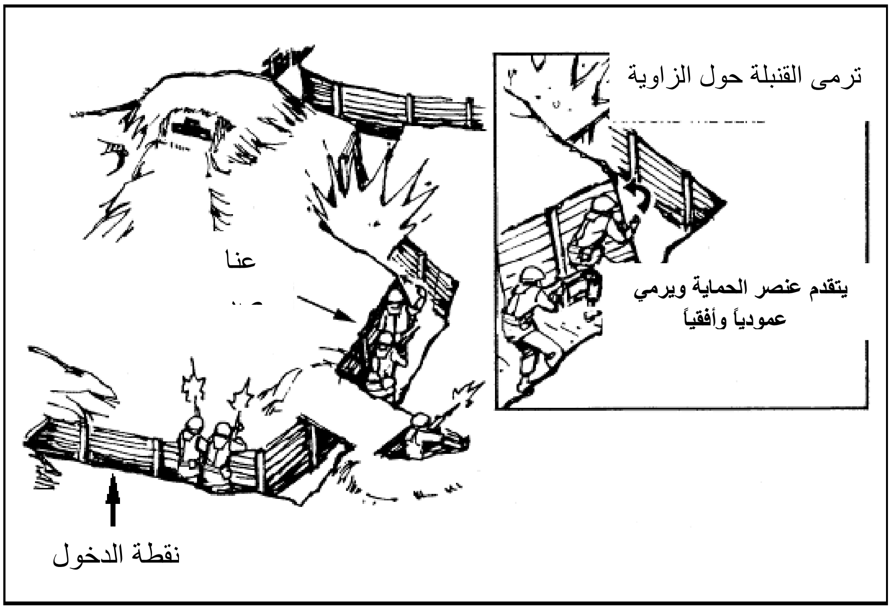
د- في الإطباق، يشارك المقاتل كعنصر في مجموعة في تطهير الخنادق، تدمير الملاجئ، وتطهير الغرف.

تطهير خندق: عند تطهير خندق ضمن مركز محصن يكون الرهط هو التشكيل الأساسي لاستخدام القنبلة اليدوية المتشظية ضمن الإجراءات التالية:

١- قبل دخول الخندق، تقوم الزمرة الأولى برمي أو إسقاط قنابل يدوية داخل الخندق، محاولة الإبقاء على مسافة ٥م على الأقل بين القنبلة والأخرى.

٢- بعد انفجار القنبلة، تتدحرج الزمرة الأولى داخل الخندق، تقف وترمي في كلا الاتجاهين داخله

٣- تتمسك الزمرة الأولى بموطئ القدم.



٤- تقوم الزمرة الثانية بدخول الخندق عند موطئ القدم وتبدأ بالتطهير باتجاه واحد فقط.

٥- يتقدم عنصرين من الزمرة في الطليعة، على طول الجدار وملاصقين له إلى أن يصلا إلى أول منعطف في الخندق. يتقدم رامي القنبلة تحت حماية العنصر الآخر إلى زاوية المنعطف ويمسك القنبلة مع التحضر للتقدم السريع داخل الخندق.

٦- يقوم رامي القنبلة برميها حول المنعطف. بعد انفجارها، يتقدم العنصر الآخر بسرعة حول المنعطف ويرمي رشقات سريعة من اليمين إلى اليسار وبالعكس على طول محور الخندق.

٧- يستمر التقدم داخل الخندق بتناوب الأدوار بين العنصرين أو المحافظة على نفس الدور لكل منهما. تقوم الزمر والمجموعات الأخرى بوثبات للأمام لمتابعة عملية التطهير.

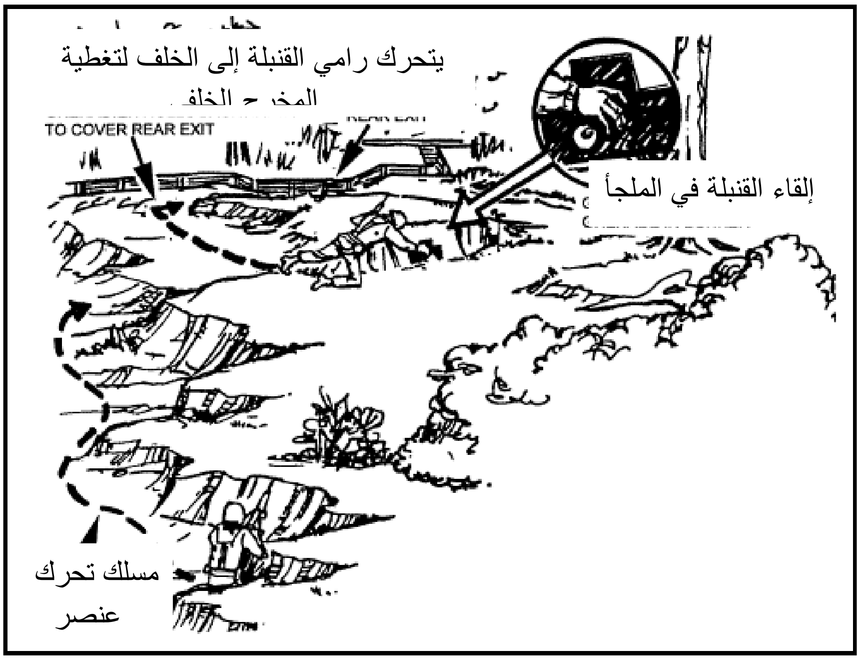
تطهير ملجأ: يتطلب تطهير الملاجئ وقتل العناصر المتحصنين بها العنف والسرعة في التنفيذ، بالإضافة إلى تناغم الجهد على مستوى الرهط والمجموعة، وذلك من أجل النجاح.

فيما يلي الإجراءات المتبعة لتطهير ملجأ:

١- تنقض زمرة مؤلفة من عنصرين على ملجأ واحد مستخدمة الدمج بين القنابل ورمايات البندقية. عنصر يؤمن التقدم السريع للعنصر الآخر نحو الملجأ، مستخدماً أفضل مسلك مستتر ومغطى متوفر في منطقة الهدف.

٢- عند الوصول إلى مسافة ٧٥م من الملجأ، يرمي رامي القنابل قنبلة دخانية يحجب التقدم ضمن المسافة المتبقية. يجب أن تقذف القنبلة الدخانية أقرب ما يمكن قرب فتحة الملجأ.

٣- عندما يصبح رامي القنابل بجانب الملجأ، يمسك القنبلة بشكل تكون يده مشكلة زاوية ٩٠° مع جسمه، يترك عتلة الأمان، يعد ذهنياً ثانيتين (١٠١-١٠٢)، ويرمي أو يدفع القنبلة من خلال فتحات الرمي في الملجأ. حالما يرمي القنبلة، يتدحرج بعيداً عن الملجأ ويتخذ مركزاً مواجهاً للملجأ من الخلف، ويتحضر للاشتباك مع الفارين من الجنود الأعداء.



٤- بعد انفجار القنبلة، يدخل إلى الملجأ من الخلف لقتل أو أسر الجنود المتبقين.

تطهير غرفة: عند تطهير غرفة أو التحرك في منطقة مبنية، تتبع الإجراءات التالية:

١- يقوم العنصر (٢) برمي القنبلة داخل الغرفة، مع إعطاء الإنذار الصوتي للعناصر الصديقة إذا كانت السرية غير ضرورية.

٢- بعد انفجار القنبلة، يقتحم العنصر (١) الغرفة، ويزيل أي تهديد، ثم يتقدم إلى نقطة يسيطر فيها على الغرفة.

٣- يدخل العنصرين (٣) و (٤) إلى الغرفة ويتحركان إلى نقاط سيطرة، ويزيلان أي تهديد.

٤- بعد تطهير الغرفة، تؤشر بإشارة خاصة بأنها مطهرة.

الإغارة: يتعلق استخدام القنابل اليدوية في الإغارات وفقاً لطبيعة المهمة:-

١- إذا كانت المهمة حماية السجناء، تستخدم القنابل الهجومية العصفية.

٢- إذا كانت المهمة تتطلب تدمير آليات، أسلحة، أو معدات خاصة، تستخدم القنابل الحارقة والمتشظية.

٣- غالباً ما تستخدم القنابل الدخانية لإنشاء ستارة دخانية لتغطية تقدم القوات الصديقة أو للإشارة إلى مكان القوات الصديقة ونقاط الإلتقاء. الدخان الملون يستخدم بشكل أساسي كإشارات تختلف باختلاف اللون.

ح- يتطلب التعامل مع الكمين المعادي الرد المباشر والسريع والعنيف. فكلما طال بقاء القوات الصديقة في بقعة القتل، كلما زاد احتمال تدميرها. يستخدم أولاً القنابل المتشظية لقتل العدو ومن ثم القنابل الدخانية البيضاء لإعماء رمايات العدو، عندئذ تقوم المجموعة بالانقضاض على العدو، أو تحاول الانسحاب إلى مكان آمن.

❖ الاستخدام في الدفاع:

تستخدم القنابل اليدوية في الدفاع في المرحلة الأخيرة من الهجوم. وتعتبر القنابل المتشظية هي القنابل الأساسية في مختلف العمليات الدفاعية. فهي تستخدم بالاشتراك مع أسلحة أخرى والعوائق لتدمير القوة المعادية التي نجحت في اختراق العوائق وخط الحماية الأخير. تقوم القنبلة المتشظية بقطع استمرارية هجوم العدو، إضعاف الروح المعنوية لدى جنود العدو، وتجبر العدو على سلوك المناطق المغطاة برمايات الأسلحة المباشرة، كالبنادق والمدافع الرشاشة والألغام الموجهة (كليمور).

أ- **الدفاع من مراكز القتال الفردية:** من مراكز القتال الفردية تستخدم القنابل المتشظية بشكل أساسي لتغطية النقاط الميتة القريبة والموجودة أمام الجهة الصديقة من أسلاك الحماية. عندما يتوقف العدو عند أسلاك الحماية يتم الاشتباك معه أولاً بواسطة الألغام الموجهة (كليمور) إذا سمح الوقت أثناء تحضير المركز الدفاعي، على الجنود تحديد النقاط الميتة ضمن قطاعاتهم، خصوصاً النقاط الميتة التي تتقاطع مع أسلاك الحماية وتتحرك نحو مواقع القتال الصديقة. مسالك التقدم المحتملة هذه من خلال أسلاك الحماية يجب تعليمها بعلامات لتحديدها كأهداف أولية وأساسية للقنابل اليدوية.

عند استخدام القنابل المتشظية من مراكز القتال تطبق القواعد التالية:

١- يتم إزالة أي عائق (سقف) يمكن أن يتعارض مع مسار رمي القنبلة.

٢- يتم التدرب على استخدام القنبلة، ويتم تحديد أماكن الأهداف الأولية.

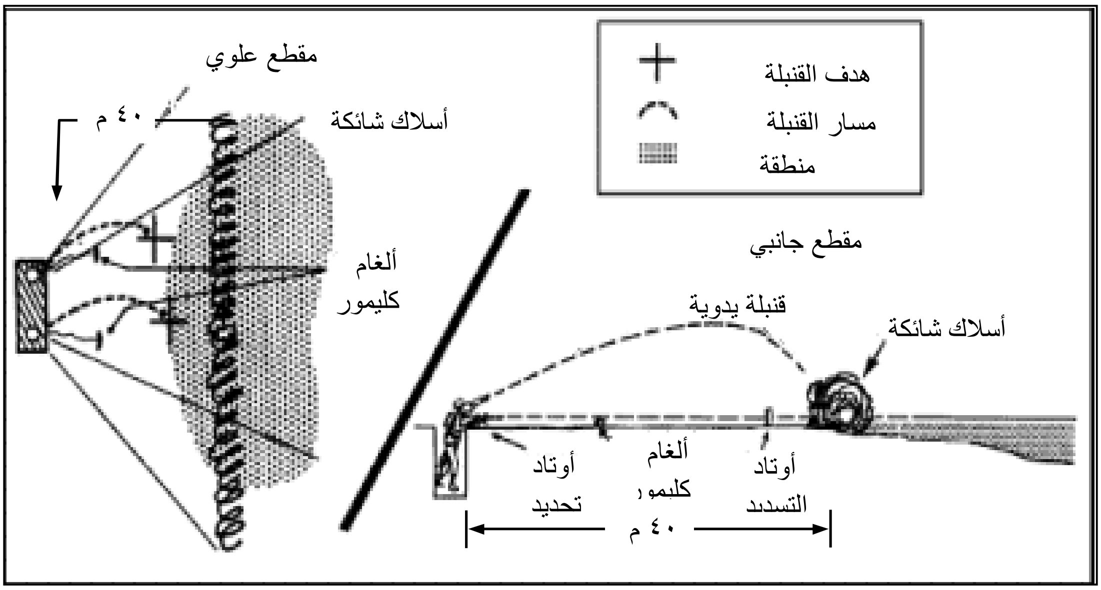
٣- يترك ٥٠% من القنابل المتشظية جاهزة في المركز القتالي، والباقي يترك في الجعبة.

٤- يتم التدريب على الأعمال اللازمة في حال قام العدو برمي قنبلة داخل المركز القتالي.

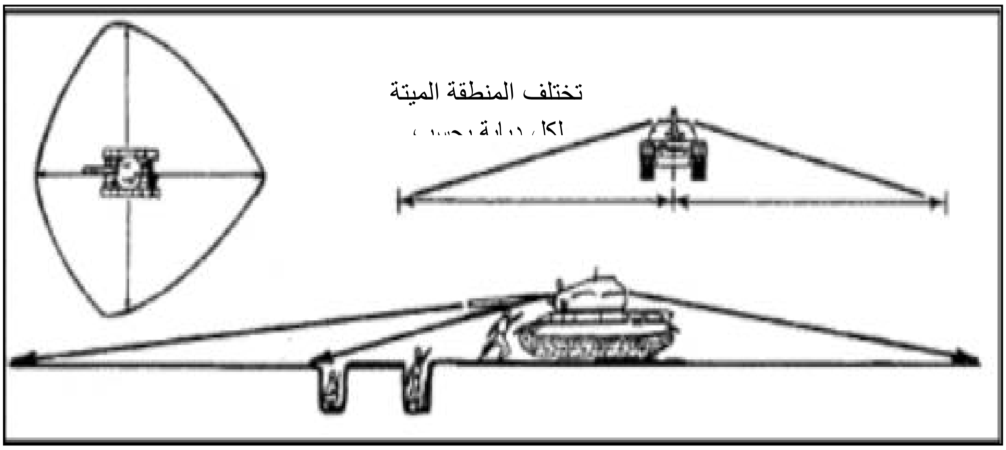
٥- تستخدم القنابل المتشظية كأولوية ضد جنود العدو المتمركزين في مراكز منخفضة. فهذا يقلل من الخطر على الجنود الأصدقاء ويعزز تغطية الأرض الغير مغطاة برمايات الأسلحة المباشرة. تستخدم البندقية لقتل الجنود الأعداء الغير متواجدين في مراكز منخفضة.

٦- استطلاع المراكز البديلة والتكميلية وتحديد الأهداف الأولية للقنابل اليدوية المتشظية.

٥- إعادة توزيع القنابل بعد كل اشتباك مع العدو.



الدفاع ضد مدرعات العدو وآلياته: من حين لآخر، يصبح جنود المشاة الصديقة على تماس مباشر مع التشكيلات المدرعة المعادية. يجب على المشاة الراجلة أولاً استخدام الأسلحة م/د لتدمير مدرعات العدو والمشاة المؤللة.كما يستطيع الجنود أيضاً استخدام العبوات الناسفة لتدمير مدرعات العدو إذا لم تتوفر هذه الأسلحة، يبقى بالإمكان تدمير، أو شل حركة الآليات أو تعطيلها، أو قتل الطاقم الذي بداخلها. في حالات أخرى، يجب على الجندي التقرب نحو الآلية المدرعة وتدميرها أو قتل طاقمها بواسطة قنبلة يدوية. إن معرفة بعض خصائص ونقاط ضعف دبابات العدو تساعد على تدمير أو تعطيل الآليات المدرعة المعادية أو طاقمها. وتكون نقاط الضعف هذه عادة في خزانات الوقود، أماكن تخزين الذخائر...



١- **دوران البرج:** يدور برج الدبابات الحديثة دورة كاملة (٣٦٠ ْ) بستة ثواني. لذا يجب على المقاتل أن يجري حول الدبابة قبل أن يدور البرج من الأمام إلى الخلف. زودت الدبابات الحديثة بتدريع تفاعلي متفجر، الأمر الذي يؤدي إلى صعوبة مهاجمتها بواسطة الأسلحة م/د. لذلك، فإن الاشتباك بواسطة القنابل اليدوية يجب أن يأخذ بعين الاعتبار فقط كملاذ أخير.

٢- **المساحة الميتة للرؤية:** لكل دبابة مساحة ميتة للرؤية حولها لا يمكن للرامي أن يرى أي مقاتل في مركز قتالي ضمن هذه المساحة حول الدبابة.

٣- **نظام إخماد الحرائق:** يمكن لنظام إخماد الحرائق أن يعمل يدوياً أو أوتوماتيكياً بواسطة أجهزة تحسس حرارية. (واحد من ٨). إن أجهزة الإطفاء التي تطلق غاز إيتلين بروميد تنشئ بخار سام عند تعرضه للهب، مما يحتم على الطاقم مغادرة الدبابة.

٤- **المساحة الميتة للرؤية في الآليات المجنزرة:** تحتوي الآليات المجنزرة على عدة فتحات جانبية بعدد الجنود فيها تمكنهم من إطلاق النار ضمن زاوية ٤٥ ْ. وتبقى الآلية غير حصينة للتقرب نحوها من الخلف. يمكن لجندي المشاة أن يحاول تدمير أو تعطيل المجنزرة فقط كحل أخير. عند استخدام القنابل اليدوية لهذه الغاية، يجب اتباع الإجراءات التالية:

١- البقاء في مركز قتالي مغطى إلى أن تصبح الآلية قريبة وضمن المساحة الميتة للرؤية فيها. ويتم التقرب من الآلية من الخلف، عندئذ يتم التحرك بشكل سريع وعنيف.
٢- توضع قنبلة حارقة فوق حُجرة المحرك.
٣- محاولة إسقاط قنبلة متشظية من خلال أي فتحة مفتوحة إذا لم تتوفر القنابل الحارقة. الاشتباك مع أي من أفراد الطاقم عند محاولة الخروج من الآلية.

ج- الاستخدام أثناء الدفاع في المدن:

١- تكون القنابل المتشظية فعالة جداً لإحداث إصابات عند قذفها على عدو مهاجم بين مباني أو على الشوارع من النوافذ، الأبواب، الفتحات ...
٢- يمكن للقنابل الصوتية إحداث إرباك وتردد عند قذفها على المهاجمين، مما يسمح بالوقت للانسحاب من الغرف. تستعمل القنابل الصوتية بشكل خاص عندما يكون من الضروري الإبقاء على سلامة المبنى ومحتوياته مما لا يسمح باستخدام القنابل المتشظية أو العصفية.
٣- يؤدي استخدام القنابل الدخانية داخل المباني إلى افتقار الغرف إلى التهوئة الجيدة مما يؤدي إلى صعوبة في التنفس.

❖**الاستخدام في عمليات الانسحاب:** إن أكثر القواعد الملائمة لاستخدام القنابل اليدوية في الدفاع هي نفسها في العمليات التراجعية. تتعلق التطبيقات والإجراءات الخاصة باستخدام القنابل اليدوية عند استخدامها في الانسحاب بإنشاء العوائق، والتدليل على أماكن القوات الصديقة، وقطع التماس.

أ- **إنشاء العوائق:** عندما تسمح طبيعة الأرض، يستطيع المقاتل استخدام القنابل الحارقة لإعاقة وشل حركة العدو بإشعال الحرائق في المناطق المهمة.

ب- **تحديد المواقع:** يحل للمقاتل استخدام القنابل الدخانية لتحديد مواقع القوة الصديقة.

ج- **قطع التماس:** أثناء عمليات الانسحاب تشتبك بعض العناصر من القوة الصديقة مع العدو. ولكي تقطع هذا التماس واستعادة المرونة للمناورة تستخدم القنابل المتشظية، والدخانية (أبيض). يتبع استخدام القنابل الدخانية استخدام القنابل المتشظية مصحوبة بوابل من الرمايات مما يؤدي إلى إعماء العدو ويجبر العدو على الاحتماء من الشظايا وبالتالي يسمح للقوة الصديقة بالتحرك بشكل مستتر ومحمي.

❖**استخدام القنابل في الليل:** يجب أن يكون حقل الرماية خال من أي عائق مع عدم وجود أي عائق سطحي فوق رأس المقاتل (سقف . أغصان...). مع مراعاة أن تقدير المسافات يفسد في حالات الرؤية المحدودة.

فحص القنابل اليدوية

عندما نطلق مصطلح فحص فاننا نقصد به التأكد من الصلاحية الفنية و الأمنية للقنبلة اليدوية

أولا : فحص القنابل اليدوية من الناحية الأمنية :

فحص القنبلة اليدوية من الناحية الأمنية يكون بالتأكد من خلو القنبلة من التشريك (تفخيخ) أو عدم احتوائها على أجهزة تتبع .

ففي حال الحصول على القنابل من مصادر مشبوهة فيجب عمل بعض الإجراءات للتأكد من عدم وجود تفخيخ ، ونذكر هذا الكلام هنا لأن عدد من المجاهدين استشهدوا أو شوهوا بسبب استخدام مثل هذه القنابل بدون فحص .

ونقصد بالتفخيخ هنا العمل على انفجار القنبلة اليدوية في الرامي فور نزع مسمار الأمان أو فور انفلات عتلة الأمان وبالتالي إلحاق الضرر بالمجاهد وبمن حوله . وللتأكد من سلامة هذين الإجراءين سنركز في بحثنا على فحص القنبلة اليدوية للتأكد من خلوها من التشريك وكذلك للتأكد من الصلاحية الفنية لها .

يعمل مبدأ تفخيخ القنبلة اليدوية (انفجار القنبلة لحظيا بدون زمن تأخيري) عند القيام بأحد الإجراءت التالية غالبا :-

في كل الإجراءات يكون الزمن التأخيري قد أزيل .

تحذير : يمنع استخدام القنبلة اليدوية المشبوهة إلا بعد التأكد من سلامة فحص الإجراءين ، وليس الاكتفاء بفحص إجراء دون الآخر

- الإجراء الأول : عند سحب مسار الأمان .
- الإجراء الثاني : عند إفلات عتلة الأمان للقنبلة .

(انتبه !!! افحص قبل الاستخدام)

قبل التحدث عن الإجراءات الخاصة بالحالتين نذكر بخطوات عامة :

١. التأكد من نوع القنبلة اليدوية .

٢. التأكد من وجود الصمام وكذلك مطابقته لنوع وعدد القنابل .

٣. في حال استلام القنابل مفصولة عن الصمام يجب قياس عمق وقطر الثقب المخصص لدخول الصاعق والتأكد من أنه مناسب لطول وسماكة الصاعق وأن الصاعق يدخل بسهولة ، ويمكن الاستفادة من أي عود أو قلم بشرط أن يكون بسماكة الصاعق ، ويتم إدخال القلم في فتحة القنبلة وقياس العمق ومقارنته بطول الصاعق .

٤. عند تثبيت الصاعق يجب أن يكون اللف من الصمام الطرف العلوي للصاعق بحيث يبقى جسم القنبلة ثابت .

ولفحص الإجراء الأول يجب إتباع الخطوات التالية :-

يتم فحص صمام القنبلة لوحده دون تركيبه بجسم القنبلة :حتى لا تتسبب بأذى في حال انفجارها وكذلك لتلاشي الصوت وحتى لا نخسرها في حال كان الصمام مفخخاً :-

١.نثبت عتلة القنبلة مع جسم الصمام بواسطة لاصق أعلى جسم الصاعق كما هو موضح في الصور ،

٢.نثبت الصمام في جذع شجرة أو شيء يمكن تثبيتها علية شرط أن لا يكون للاشتعال ويمتص شظايا الصاعق في حال انفجاره .

٣. نربط خيط قوي بالحلقة الموصولة في مسمار .

٤.نقوم بتجليس مسمار الأمان من الطرف المقابل للحلقة لتسهيل عملية انزلاقه عند سحبه ولكن بحذر خشية .

٥.الابتعاد عن الصمام وسحب مسمار الأمان من خلف ساتر .

٦.بعد التأكد من أن الصمام غير مفخخ نعيد وضع مسار الأمان في مكانه ونثبته كما كان .

(١)

(٢)

(٣)

(٤)

(٥)

(٦)

(٧)

وهناك طريقة أخرى نستخدمها للضرورة وعند انعدام الوقت للاستدلال على عدم وجود التفخيخ بواسطة سحب مسمار الأمان ، وهي بالضغط على عتلة القنبلة فإذا كنت تشعر بوجود مقاومة

(نابض) في العتلة لضغطك عليها فهذا يعني أنها غالبا ما يكون الصمام سليم ولا يعمل الشرك إن وجد على نزع مسمار الأمان .

أما إذا شعرت أنه لا يوجد مقاومة فيعني هذا أنها قد تكون مفخخة ، بمعنى أن العتلة غير ممسكة بالإبرة ، مما يعني عند سحب مسمار الأمان تنطلق الإبرة مباشرة لضرب الكبسولة مما يؤدي إلى انفجار الصاعق والقنبلة لحظيا . لأن اعتماد عملية التفخيخ تكون في هذه الحالة على سحب مسمار الأمان حيث هو المثبت الوحيد لهذه الإبرة .(في الوضع الطبيعي الإبرة تكون مضغوط بواسطة نابض ومثبتة بواسطة مسمار الأمان والعتلة) .

ملاحظة هامة : في جميع خطوات الفحص يفضل التعامل مع الأشياء عن بعد . لأن التفخيخ متطور ولا يقف عند طريقة محددة ، والأهم المحافظة على سرية الإجراء المتبع للفحص .

ولفحص الإجراء الثاني يجب إتباع الخطوات التالية :-

١.تفحص الصاعق وملاحظة إذا كان قد غير أو أنه يختلف عن الصاعق المتعارف عليه للقنابل .

٢.فك الصاعق والتأكد من وجود الفتيل البطيء وهذه تحتاج إلى خبرة جيدة لذلك يمنع عمل ذلك إلا من قبل أخ له خبرة بذلك (احتمال الانفجار وارد في حال حدوث خطأ) .

٣. في حال كان هناك مجموعة قنابل يجب تجريب واحدة وتكون التجربة على الصمام بدون القنبلة وذلك :

- بتثبته في مكان وإبقاء العتلة حرة الحركة دونما تثبيتها بلاصق كما في فحص الإجراء الأول ،
- وتجليس رأس مسمار الأمان بحذر .
- ربط حلقة مسمار الأمان بخيط والابتعاد عنه .
- سحب مسمار الأمان بواسطة الخيط من خلف ساتر وعند سحبة فإن العتلة ستنفلت لوحدها .

فإذا انفجر المشعل مباشرة فيعني هذا أنه مفخخ أم إذا مضى وقت من ٣,٥ . ٦ ثواني ، فيعني أنه سليم وغير مفخخ .

ملاحظة : (في كلا الحالتين سينفجر الصاعق لذلك يجب الانتباه إلا الفارق الزمني من لحظة سحب مسمار الأمان) .

٤.وفي حال وجود قنبلة واحدة مشبوهة فيمكن فحصها من خلال الاستفادة منها على هدف حي سهل ليس له تبعات ، عن طريق تفخيخ القنبلة كما في مذكرة توظيف القنابل اليدوية ، أو وضعها في داخل كأس زجاجي ضيق لا يسمح للعتلة بالحركة ، وعند اقتراب الهدف نسحب مسمار الأمان وهي بداخل الكأس ، ثم نقوم بإلقاء الكأس على الهدف حتى ينكسر الكأس فتتحرر العتلة لتنفجر القنبلة ، تصلح للأهداف الثابتة مع وجود ثغرة أن الزمن التأخيري للقنبلة سيبدأ من لحظة انكسار الكأس وهذا يجعل للعدو وقت للانتشار في حالة انتباهه .

فحص القنابل من الناحية الفنية :

عند استلام القنابل يجب التأكد من نوع القنبلة على أنها قنبلة انفجارية وليست كيميائية (حارقة ، غازية ، دخانية) والتأكد من نوعها هجومية / دفاعية ، كما ويجب التأكد من صلاحيتها وذلك بالطرق التالية :-

١. في حال كانت القنبلة مجهزة بالصمام يجب فكها والتأكد من وجود الصاعق في الصمام ووجود المادة المتفجرة داخل القنبلة .

٢. يجب التأكد من أن الصمامات تركب في القنابل وتثبت فيها في حال استلامها مفصولة.

٣. يجب الانتباه إلى الصاعق أن لا يكون عليه بقع بيضاء في حال كان من الألمنيوم أو بقع خضراء في حال كان من مادة النحاس أو وجود أثر لضربات أو اهتراء .

٤. يجب الانتباه عند الاستخدام للقنابل التدميرية إلى أن مدة الزمن التأخيرية للقنبلة غالباً ما تكون القنابل من (٣,٥ . ٦ ثواني) بحسب نوع القنبلة . والتأكد من وجود زمن تأخيري للصاعق.

٥. الانتباه إلى ضرورة تمييز القنابل الصدمية عن غيرها لعدم وجود زمن تأخيري لها .

٦. أخذ جزء من المادة المتفجرة للقنبلة اليدوية وفحصها ، تتنوع المواد المتفجرة المستخدمة في القنابل ولكل مادة لها خواص خاصة بها ، ولكن في المعظم نجد أن مادة TNT و C4 و C3 ومركب B هي المستخدمة في القنابل ولذلك سنذكر هنا بعض طرق فحص لهذه المواد.

أ. فحص مادة *TNT* :

- إذا كانت مادة TNT الموجودة في القنبلة بودرية الشكل فغالبا ما تكون قديمة قد تعرضت لصدمات أو لتخزين سيئ تسبب بدخول الرطوبة وتأثيرها ضعيف نسبيا ، الوضع الطبيعي أن تكون صلبة أو في بعض القنابل على شكل حبات العدس ولونها أصفر .
- نأخذ قطعة صغيرة ونشعلها ، وعند اشتعالها تعطي دخان أسود كثيف وتبدأ تنصهر المادة مثل الشمع وبعد اشتعالها بالكامل يتبقى أثر يشبه مادة الزفتة .
- عند التعرض للدخان تشعر بمرارة في الحلق (سام) .
- عند طحن جزء من المادة وإذابتها في الأسيتون فإنها تذوب وتختفي وعند إضافة الماء البارد فإنها تظهر مرة أخرى .

ب. فحص مادة C4 و C3 :

- إذا كانت مادة C4 و C3 صلبة نوعاً ما وتتفتت عند تعجينها تكون قديمة وغير مخزنة بشكل جيد أقل جودة و كلما كانت وسهلة التعجين أي تشبه العلكة كلما كانت أجود وأقوى في التأثير.

●نأخذ قطعة صغيرة ونشعلها نجد أنها تشتعل وتعطي لهب صافي يشبه شعلة الغاز ولا يلحظ تصاعد الدخان منها ، وبعد اشتعالها بالكامل لا يكاد يبقى لها أثر .

ج. فحص مركب B :

●عند أخذ قطعة صغيرة يجب أن نلاحظ أنها صلبة ، لونها مائل إلى اللون البرتقالي وعند إشعالها تشبه اشتعال مادة C4.

ملاحظة : عند الفحص يجب التنبه الى التالي :-

- أخذ جزء صغير من المادة يكفي للفحص ولا يؤثر على فاعلية القنبلة ويؤمن سلامة للأخ في حال حدوث خطأ .
- _عند إشعاله يتم عبر وسيط وعدم تقريب الشعلة بشكل مباشر للمادة ، كإشعال ورقة وهي بدورها توصل الشعلة للمادة .
- شخص واحد الذي يجري الفحص ويفضل في جو مفتوح .

النسف والتخريب والتدمير

التخريب: هو فن استخدام المتفجرات وكافة الوسائل في الحروب من اجل ايذاء العدو والقضاء على قدرته

الهدف من عمليات التدمير:

يقصد بالتدمير في الإصطلاح العسكري القيام بعمل يستهدف أحد الأهداف التالية:

- تدمير منشآت العدو الحيوية (مصانع، محطات، مراكز إنتاج الطاقة، سدود، مطارات...).
- تدمير مواقع العدو القتالية قبل المعركة أو خلالها، (معاقل، مرابض أسلحة، مقرات قيادة وإتصال...).
- تدمير معدات العدو الحربية لمنعه من إستخدامها، وتدمير المعدات التي يتم الإستيلاء عليها في الإغارات إذا تعذر سحبها.
- إعاقة حركة العدو في عمق أراضيه عن طريق تدمير المنشآت الفنية المقامة على مواصلاته (طرق، جسور، عبارات...).
- إعاقة تقدم العدو داخل الأراضي الصديقة عن طريق تدمير المنشآت الحيوية والمواقع القتالية والمعدات الحربية الصديقة قبل الإنسحاب حتى لا يستفيد العدو منها.
- فتح الطريق أمام القوات الصديقة المتقدمة عن طريق تدمير حواجز العدو التي تعرقل التقدم.

وسائل التدمير:

يتم التدمير باستخدام وسائل مختلفة هي: النار، والمياه، والآلات الميكانيكية، والقصف المدفعي، واستخدام الحشوات المتفجرة التي توضع باليد في الأماكن المختارة، ويجري التركيز عليها باعتبارها أكثر الوسائل فعالية وتوفيراً للجهد من الناحيتين العملية والإقتصادية (خصوصاً في حرب العصابات).

أنواع عمليات التدمير:

هناك نوعان من عمليات التدمير بالمتفجرات:

١- **عمليات التدمير المدبرة:** ويتم اللجوء إليها عندما يكون هناك وقت كاف لتخطيطها وتنفيذها دونما خشية من قيام العدو بالتعرض لها، ويكون ذلك عادة في الأماكن الخلفية التي يتوقع أن يقوم العدو باحتلالها، وفي مناطق القتال المتقدمة أو وراء خطوط العدو. ويسمح هذا النوع من العمليات بالإقتصاد في كميات المتفجرات المستعملة وإعدادها بدقة للحصول على أكبر فعالية ممكنة.

٢- **عمليات التدمير غير المدبرة أو السريعة:** وهي تلك التي تنفذ في مناطق القتال المتقدمة أو وراء خطوط العدو، حيث يكون الزمن المتاح لها محدوداً لتوقع قيام العدو بمفاجأته والتعرض لها. وفي هذه الحلة يصبح عامل الإقتصاد في المتفجرات المستخدمة ثانوياً، ويصبح الحكم عليه نابعاً من التقدير المنطقي المقبول للكميات المستخدمة منعاً لهدرها بدون جدوى.

إختيار الأهداف للتخريب

تنفذ العمليات التخريبية لإزالة أو تدمير كل شيء يمكن أن يخدم العدو. وبما أن الإمكانات العسكرية دائماً محدودة، لذلك، يجب أن تخطط العمليات التخريبية وتنسق بشكل دقيق لضمان القيمة العسكرية للهدف، ولتحديد أولوية التدمير. فعمليات التخريب الفعالة تستهدف الأهداف ذات القيمة العسكرية الكبيرة والتي يكون لها أهمية كبيرة كمرفق حيوي ضروري في فترة الحرب. متى كان ممكناً، تختار الأهداف للتخريب لتفاقم الضعف والعجز الاستراتيجي للعدو. عند اختيار أهداف التخريب، على القادة أن يتأكدوا من أنه سيحقق أحد الأمور التالية:-

- تعطيل قدرة العدو على الدعم اللوجستي.
- منعه من استخدام المواد، العتاد، والتجهيزات المحلية لتقوية أو زيادة قدراته الهجومية.
- يتطلب تحويل جهده نحو ترميم، إعادة البناء، أو الإصلاح لدعم العمليات العسكرية.
- يؤخر تحركات وتوزيع البدل، التجهيزات، المعدات، ووحدات الاحتياط بدفعه إلى استخدام مسالك ثانوية بطيئة السرعة.
- يقيد الحركة التكتيكية أو الاستراتيجية.

بالاضافة إلى ذلك، يجب أن يكون الأسلوب المختار للتخريب متوفر قادر على إحداث أدنى ضرر للممتلكات المدنية. فمثلاً، بينما لا يكون مناسباً تدمير جزء من مدينة لإغلاق طريق رئيسي، ولكن يمكن تبرير تدمير جسر أساسي لإغلاق نفس الطريق. مع ذلك، مثل هذه التقديرات يجب أن تصاغ في مستويات قيادية مناسبة مرتكزة على الظروف المحيطة في حينه. باستخدام نفس المثال، إذا كان التقدم السريع لقوة العدو يمكن إيقافها بشكل فعال أكثر بسد الطريق الرئيسي بالردم الناتج عن تدمير المباني، مثل هذا العمل لا يمكن منعه بالقانون العسكري.

<u>أساليب التخريب</u>

١- التفكيك والنقل.

٢- التدمير.

٣- الحريق.

٤- الميكانيكي.

٥- المياه.

٦- القطع.

٧- الحوامض.

<u>التخطيط للتخريب:-</u>

١- **<u>تقدير الموقف:-</u>** يجب تقدير البنود التالية عند صياغة خطة التخريب، أو إختيار الأهداف:-

- تحديد الأهداف التي يجب تخزيبها.
- درجة التخريب (تدمير أو تفكيك ونقل).
- أولوية التحضير والتنفيذ.
- التسلسل القيادي عند تخريب الأهداف الخاصة.
- تحديد مسؤولية التخطيط والتنفيذ.
- التعزيز المطلوب لحماية الأهداف من تشويش العدو.
- توفير زمر التخريب الخاصة.
- الحدود والقيود عند استخدام التخريب التدميري.
- احتياطات الأمان التي يجب اتباعها.
- التنسيق بين الوحدات والمسؤولين.
- زمن التخطيط والتنفيذ لمهمات التخريب.
- توزيع الموارد المتاحة.

٢- **<u>المتطلبات:-</u>**

إن المتطلب الأول لصياغة خطط عمليات التخريب هي كل الخرائط المتوفرة والمعلومات المتعلقة بمنطقة العمليات. درس المعلومات لتحديد الأهداف الحساسة والتي تؤثر على العدو عند تخريبها. يجب على المخطط تحليل منطقة العمليات، الأهداف العسكرية، ومكان الهدف المنوي تخريبه، خصائصه، والمستوى الأقصى للتخريب. يجب أن تختار

الأهداف بحذر لضمان عدم استطاعة العدو على الإصلاح بسهولة. لذلك يختار المخطط الأجزاء المفتاح لكل هدف. والتي إذا هوجمت فإنها تعطل الهدف. إن هدف المخطط هو باختيار الأهداف الصناعية، اللوجستية، وأنظمة الاتصال التي تكون حيوية بالنسبة للعدو في العمليات الطويلة الأمد. بالاضافة إلى ان الاختيار يجب أن:

- يعطل الدعم اللوجستي للعدو.
- يتطلب الاصلاح أو اعادة البناء جهداً كبيراً .
- يمنع من استعمال المواد المحلية، التجهيزات، أو أي مرافق ضرورية لمتابعة العمليات.
- إجبار كل المعدات الضرورية، وخاصة الثقيلة أو المواد الكبيرة الحجم، أن تنقل.

٣- **الأهداف:-**

ضرورية تقدير الاهداف من عملية التخريب وهل يمكن تحقيقها فعليا ولكل عملية تخريب اهداف معينة منها استنزاف الاقتصاد او استنزاف الموارد العسكرية او القضاء على العنصر البشري او الحد من تحركه وهكذا

٤- **التنسيق:-**

إن القيادة العليا هي التي تحدد سياسة التخريب. ويقوم القادة الميدانيين بالتخطيط وتنفيذ عمليات التخريب. كما ويجب التنسيق بين القادة الميدانيين وعلى جميع المستويات.

مثال:طريق أو جسر سكة حديد يعبر نهر يمكن أن يكون مهماً من الناحية الاستراتيجية بالنسبة للقيادة العليا فهي مستعدة لعزل بعض الوحدات، من جهة العدو بدلاً من أن يسقط الجسرسليم بيد العدو. بينما يقدر القائد الميداني المسؤول عن الوحدات تأجيل نسف الجسر ريثما تعبر وحداته بأمان إلى الجهة الصديقة.

٥- **التنفيذ:-**

إن التنظيم الواقعي وطريقة قيادة عمليات التخريب تحدد وفق المستوى التكنولوجي للأهداف. فبعض الأهداف عالي التقنية ويحتاج إلى وحدات خاصة ذات تنظيم وتدريب خاص على هذه المهمة. وبعض الأهداف الأخرى بسيطة يمكن لأي وحدة عسكرية إنجاز المطلوب من المهمة دون الحاجة إلى تحضير كبير من حين استلام أمر التنفيذ. مع ذلك، يتطلب تنفيذ عمليات التخريب بعض التقنيات والتدريبات الخاصة.

إن قرار كيفية التنظيم والتنفيذ يتخذ فقط بعد تحليل دقيق لكل العوامل المحيطة، متضمنة توفر وسائل الاتصال اللازمة. في حال عدم توفر وسائل الاتصال، تسند قرارات التنفيذ إما للقادة الميدانيين في منطقة الهدف، أو إلى شخص وسيط متمركز في منطقة الهدف.

٦- **تحديد الأولويات:-**

وفقاً لحجم العملية التخريبية والوقت المحدود والوسائل المتوفرة، تعطى الأولوية للأهداف التي تساهم في تعزيز العملية العامة. تلك الأهداف هي التي تؤثر بشكل كبير ومباشر على الفاعلية القتالية للعدو.

هناك نقاط عدة ينبغي أخذها بعين الإعتبار عند التخطيط لعمليات التدمير، وهي:

١- وضع رسم تخطيطي يبين المواقع المزمع تدميرها، وتضاريس الأرض المحيطة، وإحداثيات المكان... مع بيان الشواهد والعلامات الفارقة التي تسهل الإهتداء إلى المواقع المختارة.
٢- تحديد نقاط الضعف في المباني والمنشآت والتجهيزات والمعدات المزمع تدميرها لتدمير هذه النقاط، ويفيد ذلك في إستخدام كمية أقل من المتفجرات وإحداث أكبر أثر تدميري ممكن.
٣- وضع رسوم جانبية لبعض المنشآت، كما هو الحال بالنسبة للجسور، تبين أبعاد الأعمدة والعوارض والمتكآت التي سيتم وضع المتفجرات فيها.
٤- وضع رسوم للمقاطع العرضية تحتوي على قياسات أقرب ما تكون إلى الدقة.
٥- وضع لائحة بالمتفجرات المزمع إستخدامها، تبين كمية المتفجرات المطلوبة ونوعها.
٦- وضع لائحة بجميع المعدات التي سوف يجري إستخدامها في العملية.
٧- تقدير الزمن والجهد الذي سوف يبذل للتغلب على العقبات التي يمكن أن تواجه التنفيذ.
٨- تقدير الزمن والجهد الذي يستغرقه تنفيذ العملية بكاملها.
٩- بيان العوامل الأمنية المطلوب توفيرها لإنجاح العملية بالتفصيل.

مبادئ التدمير:

تعتبر كمية وطريقة وضع المواد المتفجرة من العوامل المهمة في عمليات التدمير، فهي ترتكز على المبادئ لتالية:

١- **تأثيرات التدمير:** عند انفجار مادة متفجرة فإنها تتحول إلى غازات خلال فترة وجيزة من الزمن مما يؤدي إلى إرتفاع هائل في الضغط. تحدد سرعة هذا التحول بنوع المادة

المتفجرة، وكثافتها، ونوع وحجم الوعاء الذي يحتويها. كما أن عنف المادة المتفجرة يتغير بتغير ضغط الغازات الذي يولد موجة صدم ضاغطة التي على الرغم من تواجدها لأجزاء قليلة جداً من الثانية على أي نقطة فإنها تكسر وتحرك ما في طريقها من أجسام.

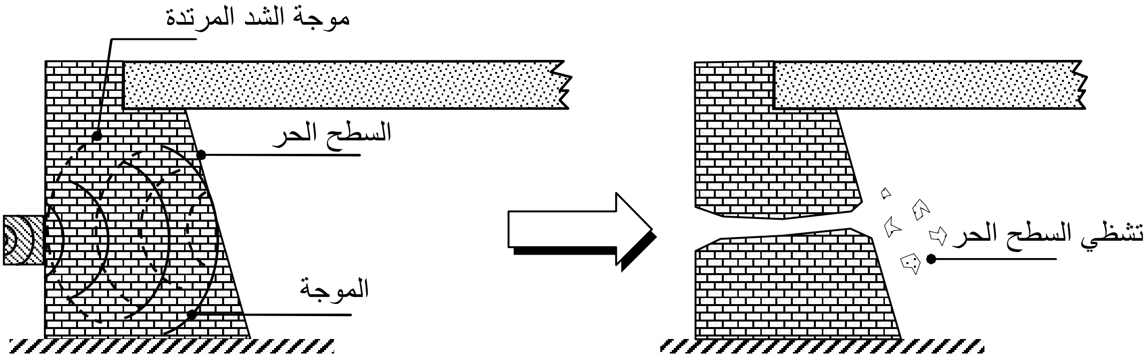
إن انفجار مادة متفجرة شديدة الفعالية بتماس مباشر مع هدف صلب يولد التأثيرات التدميرية الثلاثة التالية:

أ. **الحفر**: تحفر الموجة الإنفجارية سطح الهدف الملامس مباشرة للحشوة. فعندما نضع الحشوة على سطح هدف خرساني، تتولد موجة ضاغطة تحطم الخرسانة القريبة مباشرة من الحشوة، وتشكل حفرة (شكل فوهة بركان). وعندما توضع على سطح معدني، تسبب الحشوة انبعاجاً أو شرخاً على طول المساحة المماسة مع الحشوة.

ب. **التفتيت والتشظي**: تتفتت الجهة المقابلة للهدف عندما يكون حجم الحشوة ملائم. فإذا كان للهدف سطح حر في الجانب المقابل للحشوة، فإن الموجة الإنفجارية تنعكس من هذا السطح كموجة شد لوجود فرق بين كثافة الهواء وكثافة الهدف. هذا التأثير يسبب تمزق وتفتت جزء من السطح الحر للهدف.

يمكن أن يؤدي التقاء تأثير الحفر مع تأثير التشظي لتكوين ثقب خلال تدمير هدف خرساني. وفي الصفائح المعدنية يولد تمدد مشابه لشكل الحشوة، ويقذف الشظايا من الصفيحة (شظية واحدة تقريباً).

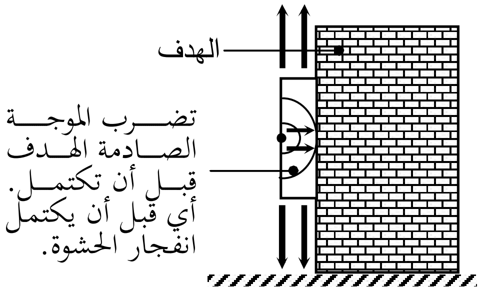
ج. **التصدع**: إذا كانت الحشوة كبيرة بشكل كاف، يولد تمدد الغازات ضغطاً يؤثر على الهدف مما يؤدي إلى تصدعه وبالتالي إلى إزاحته. هذا التأثير يسمى التصدع الشعاعي. فعندما تنفجر الحشوة على هدف إسمنتي تؤدي إلى تصدعه إلى عدد كبير من القطع وقذفها بعيداً عن مركز الإنفجار. وعندما تفجر على الصفائح المعدنية، تؤدي إلى ثنيها وإحداث شروخ فيها.



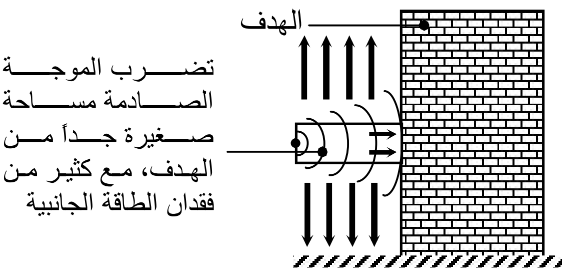
٢- **أهمية حجم ومقياس الحشوة:** تتعلق قوة الإنفجار بنوعية وقدرة المادة المتفجرة. وتتعلق التأثيرات التدميرية في جزء منها، بالأسلوب الذي توجه به قوة الإنفجار على الهدف.

لنقل أكبر قدر من الموجة الإنفجارية، يجب أن يكون هناك علاقة مثالية بين مقاييس الحشوة وحجم وكثافة الهدف. فإذا كانت الحشوة رقيقة جداً (بالنسبة للهدف) فإنها لا تؤمن المساحة الكافية لتبلغ الموجة الصادمة كامل سرعتها قبل ضرب الهدف. كما أن الموجة الصادمة تتحرك بشكل موازي لسطح الهدف بدلاً من التحرك باتجاه عمودي على السطح.

وإذا كانت الحشوة سميكة (بالنسبة للهدف) مع مساحة تماس قليلة جداً مع الهدف تؤدي إلى انتقال الموجة الصادمة على مساحة صغيرة جداً من الهدف، مع كثير من فقدان الطاقة الجانبية.



حشوة رقيقة



حشوة سميكة

٣- **أهمية طريقة وضع الحشوة:** تتعلق التأثيرات التدميرية للحشوة المتفجرة أيضاً بموضعها مقابل الهدف. كما أن طريقة الوضع تتأثر بنوع وكمية وشكل الحشوة المتفجرة، ونوع وحجم وشكل الهدف.

أ. للحصول على أقصى تأثير تدميري يجب أن تكون الحشوة على تماس مباشر مع الهدف. أي فاصل هام هوائي أومائي بين الحشوة والهدف يؤدي إلى إضعاف قوة الموجة الإنفجارية. للأهداف المشكلة (عوارض الحديد) يفضل استعمال المواد المتفجرة سهلة القطع والتشكيل (المتفجرات البلاستيكية، الرقائق المتفجرة).

ب. توضع الحشوات لتعمل على أقل سماكة ممكنة من الهدف. كما أن الحشوات الداخلية تستعمل لتحقيق التدمير الأقصى بأقل كمية من المواد المتفجرة. ويزيد الدك من التأثير التدميري للحشوات الخارجية.

قوانين النســف والتخريــب

تعريف قوانين النسف والتخريب

وهي عبارة عن معادلات حسابية تستخدم لحساب الكمية اللازمة لتدمير هدف معين ذا أبعاد ونوعية معينة .

العوامل الأساسية في عملية النسف :

العوامل الأساسية في عمليات النسف هي نوع الهدف ، نوع المواد المتفجرة وكميتها، مكان وضعها والحصر.

١. نوع الهدف :

تختلف مقاومة الأهداف للانفجارات بحسب نوع مادتها وبحسب شكلها وأبعادها. وعلى هذا الأساس يجب انتخاب المعادلة المناسبة للهدف المناسب .

٢. نوع المادة المتفجرة :

تختلف قدرات المواد المتفجرة بحسب نوعها . معادلات النسف تعطي الكمية اللازمة من أل T.N.T لتدمير الهدف . وإذا ما استعملت مواد متفجرة أخرى ينبغي حسابها بحسب قدرتها بالنسبة إلي أل T.N.T كما يلي :

كمية المواد المتفجرة من أل T.N.T = الكمية المطلوبة من أل T.N.T . / قدرتها بالنسبة لمادة أل T.N.T .

الجدول التالي يبين قدرة المواد بالنسبة ل T.N.T

نوع المادة	س ٤	مركب ب	أماتول ٨٠/٢٠	نيترات أمونيوم	RDX
قدرتها بالنسبة ل T.N.T	١,٣٤	١,٣٥	١,١٧	٠,٤٢	١,٥

مثال : كمية أل C4 المطلوبة = كمية أل T.N.T . / 1.34

٣. مكان العبوة :

يؤثر مكان تثبيت العبوة بالهدف على الكمية المواد المطلوبة لتدميره . بشكل عام ينبغي وضع العبوة في المكان الذي يعطي الفعالية القصوى. مثلاً وضع العبوة داخل الهدف يقلل من الكمية المطلوبة لتدميره . وينبغي الالتفات إلى مكان وضع العبوة عند حساب كمية المتفجرات المطلوبة باستعمال معادلات النسف .

٤. توجيه و تثبيت المواد :

لشكل العبوة تأثير على قدرتها على التدمير . فيجب الالتفات إلى شكل العبوة المطلوبة لتدمير الهدف (مثال العبوة اللوزية) . وأيضاً لتثبيت المواد تأثيره ، فكلما كانت المواد ملتصقة بالهدف أو متماسكة مع بعضها البعض كلما أعطت نتيجة أفضل .وينبغي الالتفات إلى المعامل الثابت مكان تثبيت العبوة عند استعمال المعادلات .

٥. الحصـر :

الحصر يزيد من تأثير المواد على الهدف ، فكلما زاد الحصر يزداد تأثير المواد على الهدف ويجب الالتفات إلي المعامل الثابت للحصر عند استخدام معادلات النسف .

معادلات قطع الأخشاب :

هناك اختلاف كبير في مواصفات الأشجار من حيث القساوة . لذلك ليس من الممكن وجود معادلة واحدة تناسب كل أنواع الأشجار. المعادلات التالية هي معادلات تقريبية لإجراء عمليات نسف تجريبية ، يتم بعد التجربة على النوع المراد قطعه تحديد الكمية بشكل دقيق .

Figure 94. External timber-cutting charge.

حشوات قطع الأشجار من الخارج

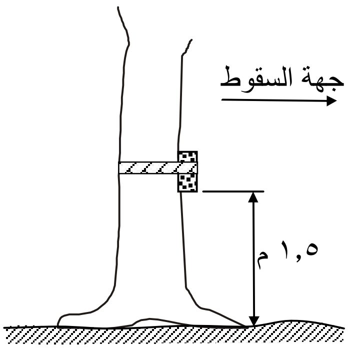
معادلة قطع الأخشاب للحشوات الخارجية الغير محصورة :

يمكن استعمال المعادلة التالية (مع الإلتفات إلى وحدات قياس الوزن والقطر) .

P= وزن المواد	D= قطر الشجرة	المعادلة
جم	سم	$P= 1.5 \cdot D^2$

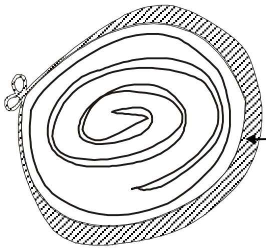
وهناك طريقتين لوضع الحشوة

1. **حشوة مركزة:**



- للحصول على أقصى تأثير تدميري يجب أن تكون الحشوة المركزة مستطيلة الشكل، سماكة ٢,٥ – ٥ سنتم، وعرض مضاعف.
- توضع الحشوة بالتماس مع الجذع من الجهة التي نريد إسقاط الهدف إليها .
- إذا كانت الشجرة غير دائرية وجهة السقوط غير مهمة توضع الحشوة على السطح الأعرض حيث يتم قطع السماكة الأقل.
- يتم السقوط نحو جهة الحشوة ما لم يتأثر بميلان الشجرة أو اتجاه الريح.
- يستعمل الـ TNT أو المتفجرات البلاستيكية.

٢. **حشوة الطوق:** وهي عبارة عن حزام من المتفجرات. تستعمل هذه التقنية عندما يكون اتجاه السقوط غير مهم وإزالة الجذر مهمة لتطهير أماكن إنزال الطوافات:



- توضع المتفجرات داخل كيس أو تثبت على حزام يزنر به محيط الشجرة بكامله، يربط ويثبت بإحكام أويسند بأوتاد خشبية.
- إذا فاضت الكمية عن محيط القطع توضع الكمية الفائضة فوق الخط الأول من الجهة التي نريد إسقاط الهدف إليها.
- سماكة الحشوة = ١,٢٥ سنتم للأشجار صغيرة القطر مادون ٣٥ سنتم. و٢,٥ سنتم للأشجار متوسطة وكبيرة القطر ٣٥-٧٥ سنتم.
- تستعمل المتفجرات البلاستيكية أو الرقائق المتفجرة لأنها سهلة القولبة والتثبيت على الهدف.

تحسب قيمة الحشوة اللازمة بالمعادلة السابقة نفسها

ملاحظات:

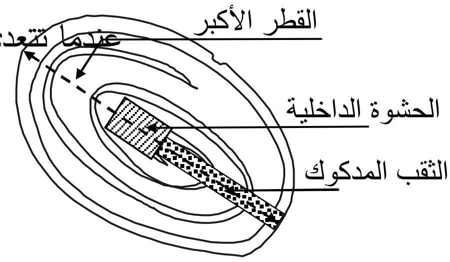
- لتحقيق التماس بين الحشوة والشجرة تنزع قشرة الجذع بواسطة فأس .
- يجب تحقيق التماس بين العبوات وإذا تعذر ذلك يستعان بالفتيل المتفجر .
- يمكن تثبت العبوات على الهدف بواسطة مسامير معكوفة أو أي رابط .
- لتدمير هدفين خشبيين متلاصقين نحسب الكمية اللازمة من المتفجرات لتدمير الهدف ذا القطر الأكبر، وتوضع الحشوة بين الهدفين .

معادلة قطع الأخشاب للحشوات الداخلية :

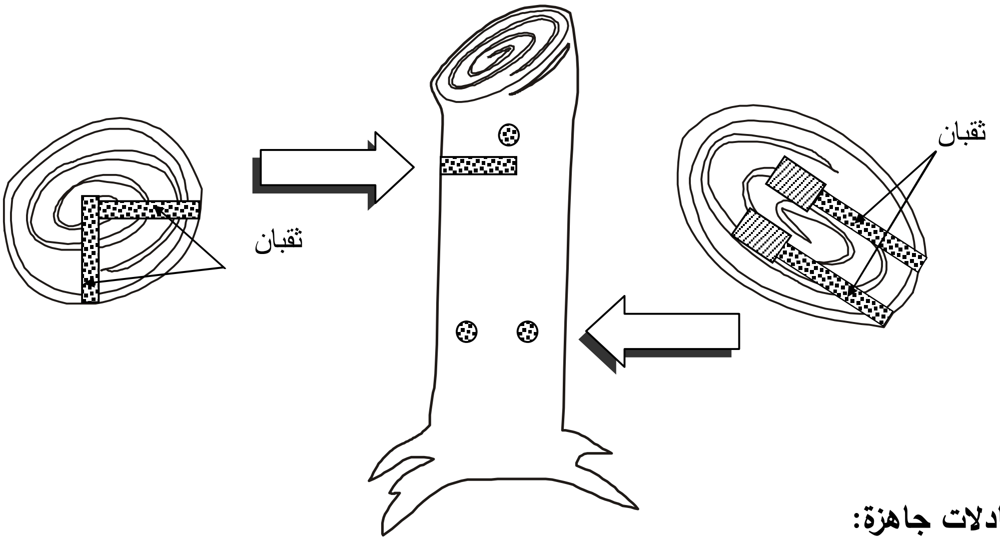
يمكن قطع الأشجار بواسطة شحنة توضع في وسطها بعد ثقبها. يجب أن يتم تعبئة الثقب خلف المواد بمواد حاصرة (رمل، رمل رطب.....). في حال لم يكفي ثقب واحد لاستيعاب المواد يتم إحداث ثقب آخر بشكل متعامد مع الأول بشرط أن لا يلتقيا. في هذا المجال يمكن استخدام المعادلة التالية :

P= وزن المواد	D= قطر الشجرة	المعادلة
جم	سم	$P=0.3 \cdot D^2$

ملاحظات :



- توضع الحشوة داخل ثقب موازي لأكبر قطر للمقطع ويدك بإحكام بالتراب الرطب والطين.
- يعادل طول الثقب ١/٢ – ٢/٣ قطر الهدف تقريباً ويكون قطره 4 – 5 سنتم.
- يفضل استعمال المتفجرات البلاستيكية لأنها سهلة القولبة والدك داخل الثقب.
- إذا كانت كمية المتفجرات كبيرة لتوضع في ثقب واحد، توضع الحشوة في ثقبين متوازيين إذا كان الخشب غير دائري. أما في الخشب الدائري فتوضع في ثقبين متعامدين على بعضهما تقريباً ، وبنفس العمق، ولكن دون أن يتقاطعا (ثقب أعلى أو أسفل من الثقب الآخر). وتفجر العبوات في وقت واحد بواسطة فتيل متفجر.



معادلات جاهزة:

ويمكن استخدام القيم التالية بشكل سريع :

قطر الشجرة(سنتم)	حشوة خارجية(باوند)	حشوة داخلية(باوند)	سد طرق (باوند)
15	1	0.5	1
30	4	1	3
50	12	2	9

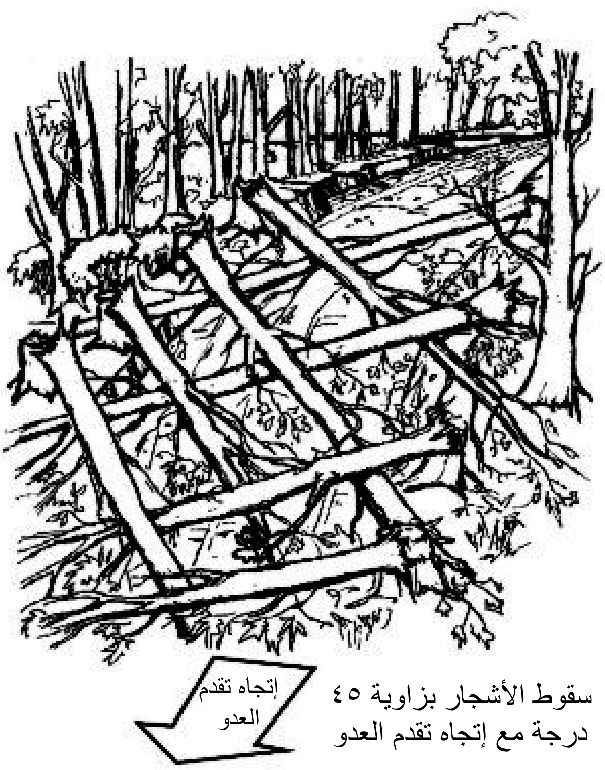
حاجز الأشجار:

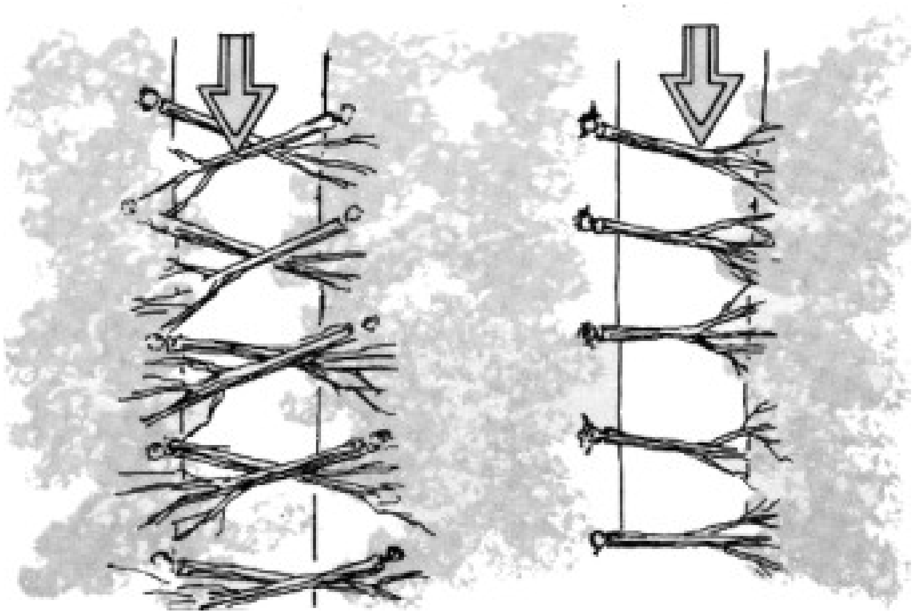
تقطع الأشجار بالمتفجرات بحيث تبقى معلقة بالجذع:

- توضع حشوة خارجية مركزة على الشجرة على ارتفاع ١,٥م من الأرض تقريباً .
- يتم السقوط نحو جهة الحشوة ما لم يتأثر بميلان الشجرة أو اتجاه الريح.
- لجعل الحاجز أكثر فاعلية يكون عمقه ٧٥ م على الأقل وتمتد الأشجار الساقطة بزاوية ٤٥° نحو العدو.
- تختار الأشجار في الصف الواحد متباعدة مسافة كافية عن بعضها وتفجر بالتتابع لمنع أي تداخل أو تشويش بينها.
- يؤخر تفجير الأشجار في الصف الثاني المقابل لتأمين الوقت للأشجار في الصف الأول للسقوط وذلك لمنع احتمال تصادم الأشجار وانحرافها عن الإتجاه المطلوب.
- لجعل الحاجز أكثر صعوبة للتحرك، يلغم، يفخخ، يشبك بأسلاك شائكة ويغطى بالنار.

تحسب قيمة الحشوة اللازمة بالمعادلة التالية:

$$P = 1.2D^2$$





يتم إسقاط الأشجار في الجهة الأولى ومن ثم في الجهة الأخرى

إزالة الجذوع:

- يأخذ قياس القطر عند نقطة مرتفعة عن الأرض ٣٠ – ٤٥ سنتم. إذا كان الجذع قصير يأخذ قياس القطر عند أعلى نقطة من الأرض.
- تحدد الكمية اللازمة من المتفجرات وفق معادلة الحشوة الداخلية.
- تحفر حفرة بجانب اجذر الرئيسي وتوضع المتفجرات بداخلها وتدك بإحكام. يفضل أن توضع حشوتين متقابلتين على الجذر الرئيسي للحصول على مفعول القص.
- للجذور الجانبية تحفر حفرة منحدرة وتوضع الحشوة تحت مركز الجذع على عمق يساوي قطره وتدك بإحكام.
- إذا تعذر تحديد نوع الجذور (رئيسي، جانبية) تفترض على أنها جانبية

إخلاء الطرق من الحواجز الخشبية:

يمكن بسرعة إخلاء الطريق من الحواجز الخشبية:

- إما بحشوة ممددة زنة 3 كلغ/م، تعطي ثغرة عرضها 2.5 – 3 م.
- إما بحشوات مركزة زنة 3 كلغ/م، تعطي ثغرة قطرها 4 م.

معادلات قطع الحديد والفولاذ :

تحذير: تولد حشوات قطع الحديد شظايا معدنية لذا يجب أخذ إجراءات الحيطة والحذر أثناء التدريب.

عوامل مؤثرة:

أ. **عوامل الهدف:** العوامل التالية حاسمة ومؤثرة في تدمير الحديد المشكل أكثر من غيرها من المواد الأخرى:

١.**شكل الهدف:** إن شكل الهدف المعدني يحدد نوع وكمية الحشوة اللازمة لتدمير ناجح. فهناك الحديد المشكل: U– L – T – I ... ، الصفائح المعدنية، والحديد المبروم والمربع...

٢.**مادة الهدف:** هناك عدة تركيبات للمعادن نذكر منها على سبيل المثال:

- ***فولاذ الكربون العالي:*** حيث يصبح المعدن ثقيل وقوي جداً . يصنع منه السلاسل والأسلاك.
- ***الخلائط المعدنية:*** أقل ثقلاً من فولاذ الكربون العالي. يصنع منها التروس، العدة، السلاسل والأسلاك.
- ***السبائك المعدنية:*** أو حديد الصب. بعض القطع المعدنية مثل خطوط سكك حديد، الأنابيب... مكونة من الحديد المسبوك، وهو قابل للكسر بسهولة.
- ***معدن نيكل – موليبدينيوم:*** الصفائح من هذا النوع من المعادن لا يمكن قطعها بسهولة بحشوة قطع عادية بل تستعمل حشوة جوفاء متطاولة. كما أن القضبان من هذا المعدن لا يمكن قطعها بحشوة سرجية ولكن تقطع بحشوة ماسية. وقد يستعمل الترميت أو الأسيتلين أو أدوات القطع الكهربائية (اللحام) لقطعه.

ب. **عوامل المادة المتفجرة:**

١. **نوع المادة المتفجرة:** تعتبر المتفجرات البلاستيكية والرقائق المتفجرة من أفضل أنواع الحشوات لقطع المعادن، فهي تملك قدرة قطع عالية جداً كما أنها سهلة التقطيع والتشكيل لمطابقتها بإحكام في شقوق وزوايا الهدف. هذه المواد فعالة بشكل خاص عند تدمير الفولاذ المشكل، السلاسل، والكابلات.

٢. **طريقة وضع الحشوة:** لتحقيق أفضل تأثير تدميري يجب:

- أن تكون الحشوة على طول الخط المطلوب قطعه.
- أن تكون الحشوة ملامسة مباشرة للهدف.
- أن يكون عرض الحشوة = ١ – ٣ سماكة الحشوة.
- أن تذخر الحشوة المتطاولة كل ٤ – ٥ ألواح.
- أن يكون اتجاه الصعق متعامد على الهدف.

٣. **شكل الحشوة:** إن مقياس وأبعاد الحشوة يمليها نوع وأبعاد الهدف المعدني ونوع الحشوة المختارة. فكل شكل من المعادن يحتاج إلى مقياس وشكل حشوة خاص.

تدمير الصفائح: تحسب قيمة الحشوة اللازمة لتدمير الصفائح المعدنية بالمعادلة التالية:

$$P = K . L . E$$

حيث أن P = قيمة الحشوة بالغرام.

K = ثابت يتعلق بنوع المعدن:

نوع المعدن	K
المعادن العادية	30
معدن الكربون العالي والخلائط المعدنية (تصفيح)	80

L= طول المقطع بالسنتم.

E = سماكة الصفيحة بالسنتم.

ملاحظة: إذا أردنا تفجير عدد من الصفائح المعدنية التي يوجد بينها فراغ تحسب السماكة بالطريقة التالية:

السماكة الإجمالية = سماكة الصفائح المعدنية + سماكة الفراغ.

قطع حديد المنشآت:

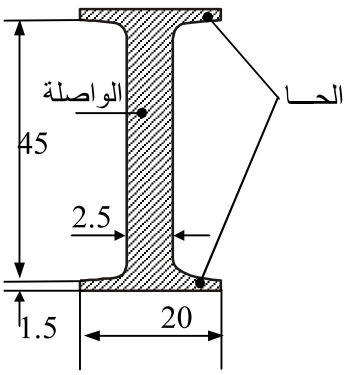
لقطع الفولاذ العادي (القليل الكربون) المستعمل في المنشآت يجب حساب مساحة مقطع الجسم المراد قطعه، بعدها يمكن تطبيق المعادلة التالية:

P= وزن المواد	A= مساحة المقطع	المعادلة
كجم	سم²	A =P ÷38

تدمير الحديد المشكل: تحسب قيمة مساحة كل مقطع على حدى وكأنه صفيحة ثم تجمع هذه القيم للحصول على قيمة المساحة الكلية لمقطع الهدف.

مثال :

ما هي كمية المواد اللازمة لقطع الجسر الفولاذي التالي :



الحل :

مساحة المقطع A = ١,٥ × ٢٠ = ٣٠ +

١,٥ × ٢٠ = ٣٠ +

٢,٥ × ٤٥ = ١١٢,٥ +

١٧٢,٥ سم²

وباستعمال المعادلة تكون الكمية المطلوبة :

الكمية المطلوبة: P=A/38=172.5/38=4.54 كجم

وإذا ما أردنا استعمال مادة c4

P=4.54/1.34=3.38 كجم

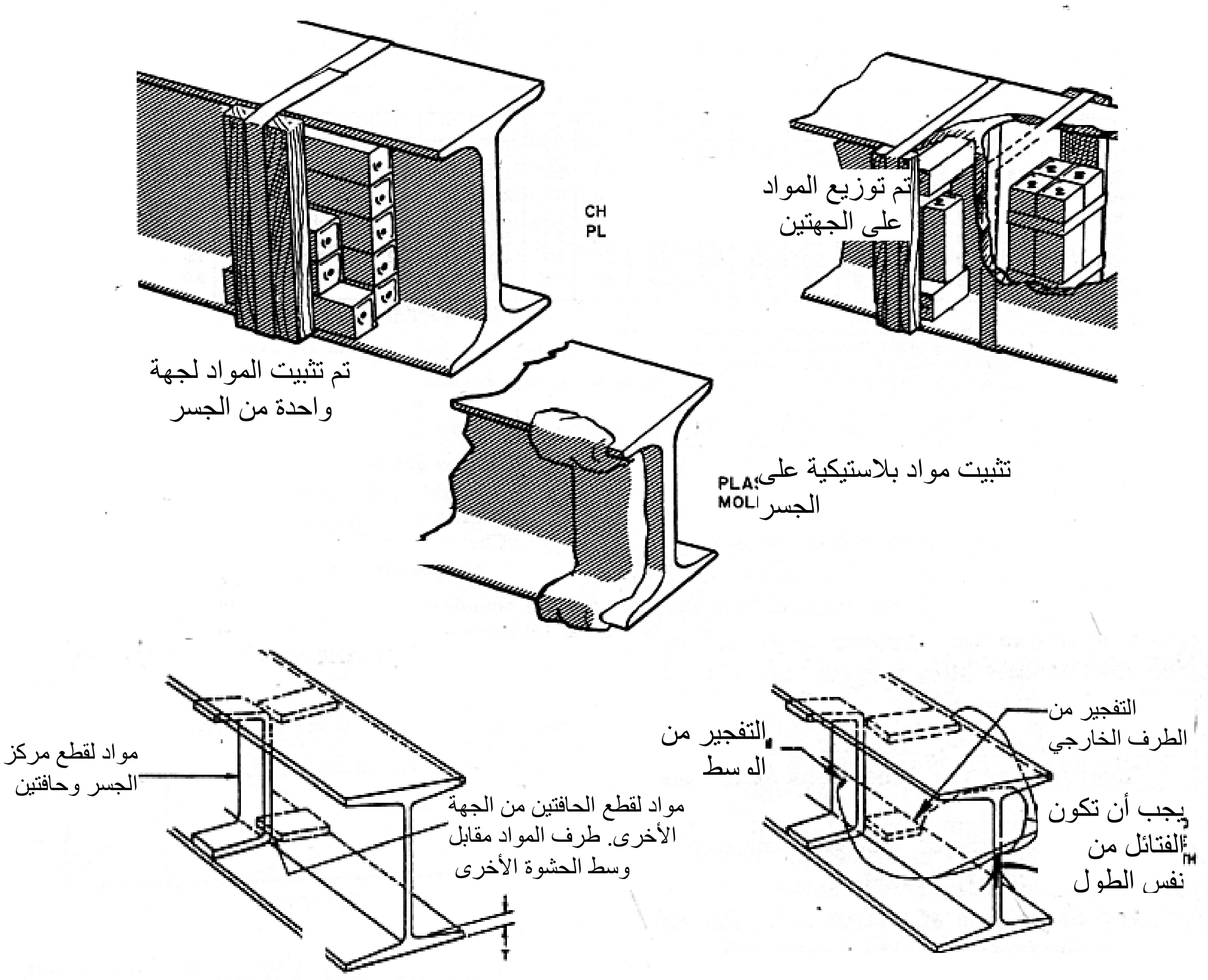
= 3.5 كجم تقريبا من مادة C 4

ملاحظة : يتم وضع الصاعق في المكان الأكثر سماكة من المواد .

ملاحظة: يفضل أن تقطع العوارض ووصلاتها في الأهداف المشبكة (جسور معدنية) بشكل مائل على طول خط القطع.

تثبيت العبوات :

يمكن تثبيت العبوات كما هو مبين في الرسومات التالية :



لقطع الأنابيب المجوفة :

لتدمير وقطع الأنابيب المجوفة فإننا نستخدم المعادلة التالية :

P= وزن المواد	س= عرض المقطع	المعادلة
جم	سم	P= ١٠ × س × سط

حيث أن :

س = سماكة الهدف

سط = محيط الأنبوب × عرض القطع × سماكة الأنبوب

محيط الأنبوب = ٢ × ٣,١٤ × نصف قطر الأنبوب

مثال :

أنبوب مجوف قطره ٥٠ سم وسماكته ٢ سم . احسب كمية المتفجرات اللازمة لقطع ١٠ سم منه علما أن المادة المتفجرة C4 ؟

الحل :

P= ١٠× س × سط

سط = محيط الأنبوب × عرض القطع × سماكة الأنبوب

سط = ٢ × ٣,١٤ × ٢٥ × ١٠ × ٢ = ٣١٤٠

P= ١٠ × ٢ × ٣١٤٠ = ٦٢٨٠ جم

كمية أل C4 المطلوبة = كمية أل T.N.T ÷ ١,٣٤

= ٦,٥ ÷ ١,٣٤ = ٤,٦ = ٥ كجم تقريبا من مادة C4

لقطع القضبان الفولاذية (قطر أقل من ٥سم) :

لقطع القضبان الفولاذية (كتلك المستعملة في الباطون المسلح أو الكابلات) ذات الأقطار دون ٥سم يمكن استعمال القواعد التالية :

- إذا كانت السماكة أقل من 2.5 سنتم يستعمل 200 – 250 غ من الـت.ن.ت.
- إذا كانت السماكة بين 2.5 – 5 سنتم يستعمل 400–500 غ من الـت.ن.ت.
- إذا كانت السماكة أكبر من 5 سنتم نستعمل المعادلة التالية:

معادلة قطع القضبان الفولاذية (قطر أكثر من ٥سم) :

لقطع القضبان الفولاذية (كتلك المستعملة في الآليات) ذات الأقطار أكبر ٥سم يمكن استعمال المعادلات التالية:

P= وزن المواد	D= قطر القضيب	المعادلة
جم	سم	P= 125 . D

تقنيات خاصة بقطع الحديد والفولاذ :

هناك ثلاثة أنواع من حشوات قطع الحديد والفولاذ، هذه العبوات يتم تحضيرها مسبقا وتلف بورق ألمنيوم (يجب الإلتفات أن لا يكون أكثر من طبقة ألمنيوم بين المواد والهدف)

الحشوة المثلثية او السرجية

- **وتسمى** طريق تقاطع التكسير. تستخدم التأثير التدميري لتقاطع الكسور الناتجة عن اتحاد موجتين إنفجاريتين عند الطرفين المتقابلين للحشوة.

❖ **طول القاعدة:** نصف محيط الهدف.

❖ **أطول محور :** محيط الهدف.

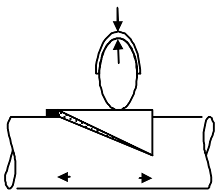
❖ **السماكة:** 2.5 سنتم من الـ C4.

❖ **طريقة عملها كما بالصور**

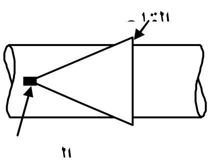
❖ **التفجير ووضع الصاعق:** عند قمة المثلث.

❖ **طريقة الوضع:** توضع الحشوة بحيث يكون محور طول الحشوة موازي لمحول طول الهدف. تجهز الحشوة بالشكل الصحيح ومن ثم يتم تثبيتها على الهدف بواسطة الربط أو البلاستر أو أي مادة لاصقة (من الضروري أن تكون الحشوة مماسة للهدف بشكل تام)

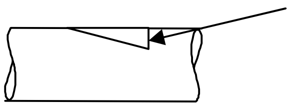
❖ **الهدف:** الحبال والقضبان المعدنية لسماكة حتى ٢٠ سنتم.



❖ **وفي الصورة المقابلة شكل تخطيطي لوضعها كقطاع عرضي وطولي ومن الاعلى**



❖ **س: كم يكون طول المحور الظاهر بالنسبة لقطر القضيب كما بالصورة؟**

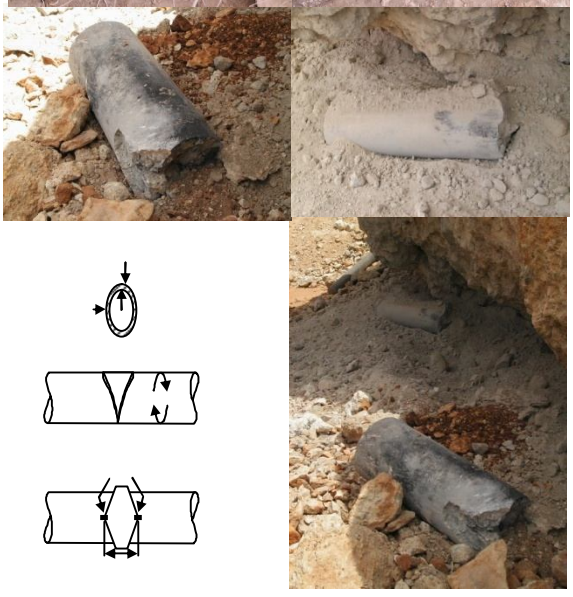


الحشوة الماسية (المعينية)

,وتسمى طريقة موجة الإجهاد. تعتمد على التأثير التدميري لتصادم موجتين إنفجاريتين من حشوة متفجرة صعقت في نفس الوقت من طرفيها المتقابلين.

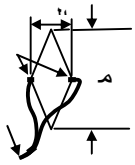
- **أطول محور** : محيط الهدف.
- **أصغر محور**: نصف محيط الهدف.
- **السماكة**: 2.5 سنتم من الـ C4.
- **طريقة عملها كما بالصور**
- **التفجير** : في نفس الوقت من كلا طرفي أصغر محور من الحشوة. حيث يذخر كل طرف بفتيل صاعق مذخر بصاعق عادي. ويجب أن تكون الفتائل الصاعقة متساوية الطول.

❖ **طريقة الوضع**: تلف الحشوة على الهدف بحيث يتلامس طرفي محور الطول (يمكن زيادة أبعاد الحشوة بلطف لتحقيق ذلك). تجهز الحشوة بالشكل الصحيح ومن ثم يتم تثبيتها على الهدف بواسطة الربط أو البلاستر أو أي مادة لاصقة (من الضروري أن تكون الحشوة مماسة للهدف بشكل تام).



- **الهدف**: الحبال والقضبان المعدنية العالية الصلابة سماكة حتى ٢٠ سنتم.

- ويظهر في الصورة المقابلة رسم لمقطع عرضي وطولي وجانبي للحشوة



الحشوة الطولية (الشريطية) :

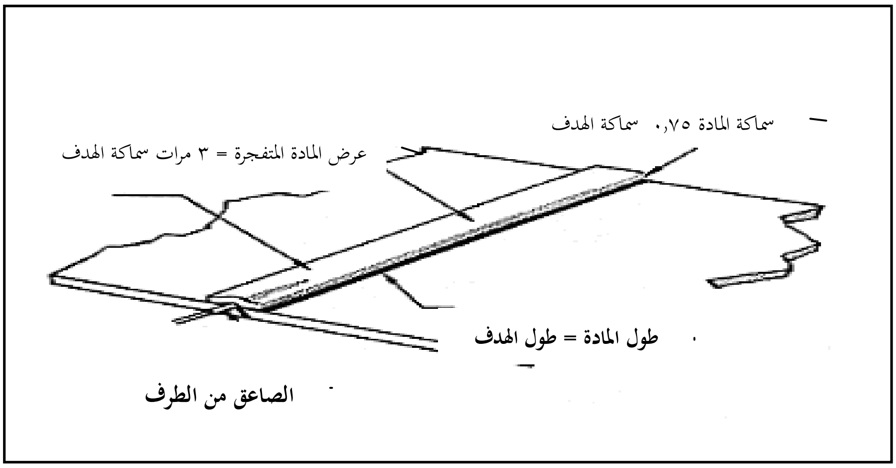
وتستعمل لقطع الصفائح الفولاذية حتى سماكة ٥ سم . أبعادها على الشكل التالي:

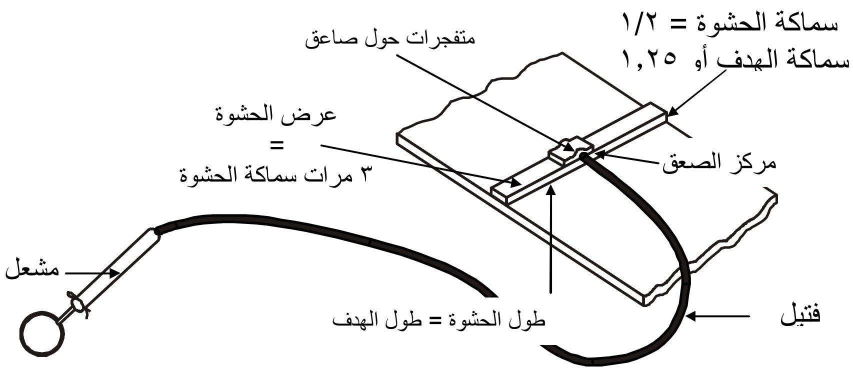
الطول = طول الصفيحة

العرض = ثلاث مرات سماكة الصفيحة

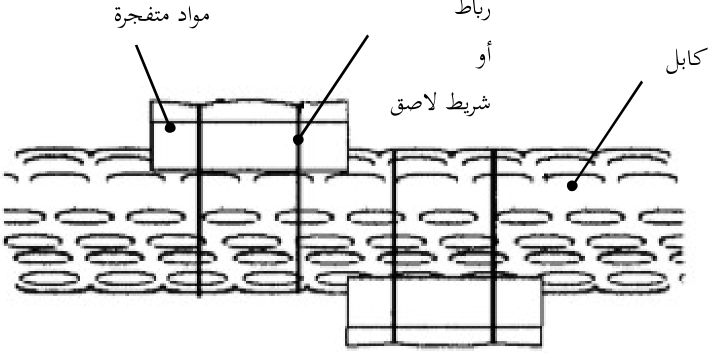
السماكة= ثلاثة أرباع سماكة الصفيحة (يجب أن لا تقل السماكة عن ١,٥ سم)

- **التفجير** تصعق من المركز أو من أحد الأطراف. ومن الضروري إذا كانت سماكة الحشوة قليلة (أقل من ٢ سنتم) أن يوضع متفجرات إضافية حول الصاعق.

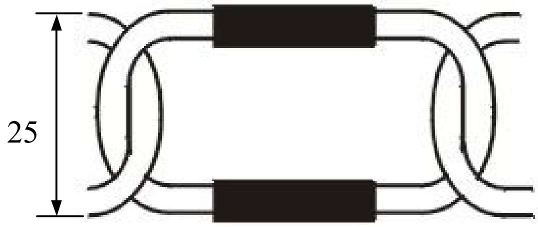




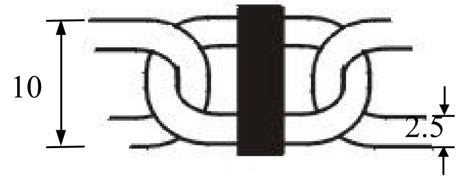
- عندما تكون السماكة 7.5 سنتم وما فوق توضع الحشوة مناصفة من كلا جانبي الهدف وبشكل متعامد لتوليد تأثير القص الأقصى.



•تضاعف الكمية بالنسبة للمعادن المصفحة (كربون عالي – خلائط ...).



(ب)



(أ)

يولد حجم وشكل هذه الأهداف صعوبة في طريقة وضع الحشوة الملائمة. فهذه الصورة تعرض وضعية حشوة على سلسلة. فإذا كان طول أوعرض الحشوة كاف ليوصل حافتي الحلقة بشكل مريح ومحكم تستعمل حشوة واحدة وتوضع كما هو مبين في (أ). أما إذا كان طول أو عرض الحشوة لا يسمح بذلك تستعمل حشوتين (ب).

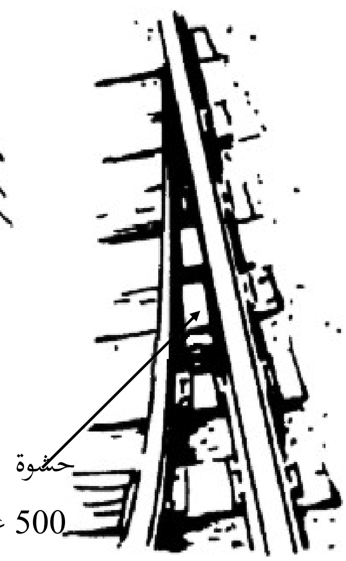
هام / تدمير شبكة الأسلاك الشائكة :

- يمكن فتح ثغرة بعرض 4 م بواسطة حشوة ممددة توضع تحت الشبكة.كمية المتفجرات اللازمة تساوي 4 كجم/م.
- يمكن فتح ثغرة قطرها 6 م بواسطة حشوة مركزة زنة 12.5 كجم.
- يمكن فتح ثغرة بواسطة البنغالور وهو مشروح في اماكن اخرى

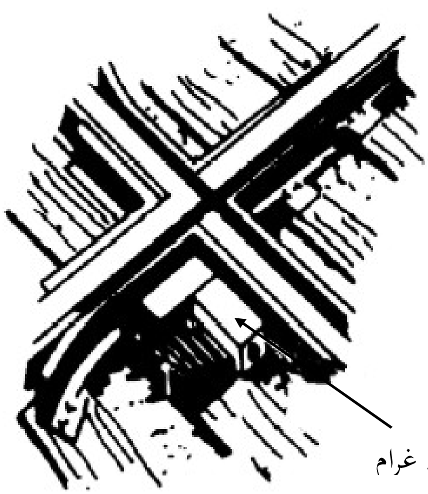
أمور يجب مراعاتها عند تدمير خطوط السكك الحديدية :

إن ارتفاع خط السكة الحديد هو العامل الحاسم لتحديد كمية المتفجرات اللازمة:

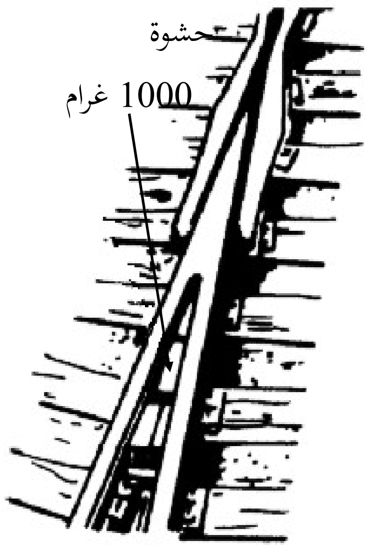
- لخطوط السكة ارتفاع أقل من 12.5 سنتم تستعمل حشوة زنة 200 – 250 غرام توضع من الجهة الخارجية للخط عند طرف العارضة وتدك قليلاً بواسطة التراب.
- لخطوط السكة ارتفاع 12.5 سنتم وما فوق تستعمل حشوتين زنة الواحدة 250 – 200 غرام واحدة توضع من الجهة الخارجية للخط والأخرى من الجهة الداخلية عند نقطة التقاء خطين. وتكون المسافة بين الحشوتين 1.5 م. وتفجران في نفس الوقت باستعمال الفتيل الصاعق.
- تستعمل حشوة زنة 1000غرام لتدمير مقص السكة الحديد.
- تستعمل حشوة زنة 500 غرام لتدمير المحولات والتقاطعات.
- توضع العبوات في النقاط الحساسة والضعيفة، مثل المقص، المنعطفات، التحويلات، التقاطعات...



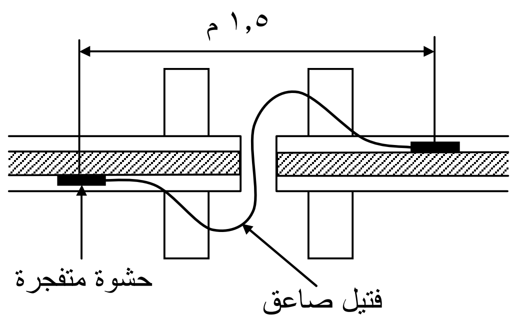
محول

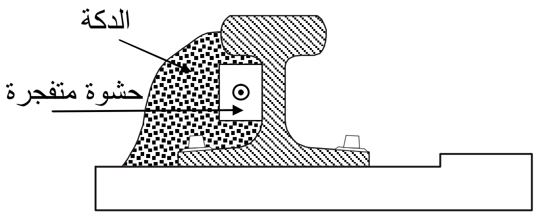


تقاطع



مقص (ضفدع)





معادلات تدمير الباطون المسلح :

وتستعمل لتدمير الأعمدة والجسور والجدران الأسمنتية. ولأن المنشآت تختلف باختلاف نوعية البناء، لا بد من الالتفات إلى المعامل الثابت لنوع الهدف K في المعادلات الحسابية . كما أن مكان وضح شحنة النسف ووجود الحصر أو عدمه يؤثران بشكل كبير على كمية المواد المطلوبة، تأثير هذان العاملان يتضمنه المعامل الثابت للانسداد C في معادلة النسف. ويمكن استخدام المعادلات المذكورة في الجدول التالي مع الالتفات إلى وحدات القياس.

P= وزن المواد	R= سماكة الهدف	المعادلة
كجم	متر	$P=16R^3KC$

حيث أن :

R = سماكة الهدف.

K = معامل نوع الهدف.

C = معامل الحصر والدك.

شعاع التدمير R :

المسافة من مركز الحشوة إلى السطح المقابل من الهدف

إذا كانت العبوة خارجية R = سماكة الهدف.

وإذا كانت داخلية وفي مركز الهدف ففي هذه الحالة R تساوي نصف سماكة الهدف.

معامل نوع الهدف : (K) .

وهذا جدول مختصر له

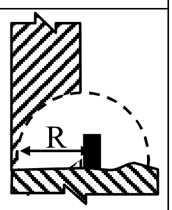
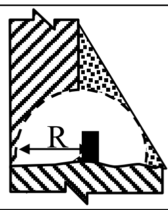
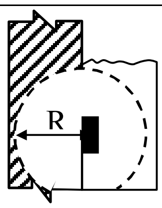
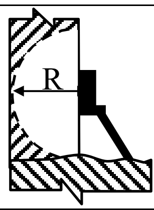
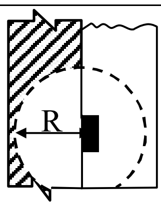
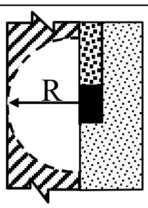
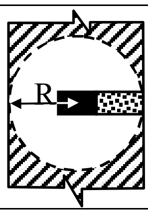
نوع الهدف	باطون مسلح	باطون مضغوط أو بناء من الدرجة الأولى	باطون عادي أو مصالح بنائية عادية	الأرض أو التراب العادي .
K	0.7	0.45	0.35	0.05

وهذا جدول مفصل لذلك

الهدف	شعاع التدمير	K
التراب	**كل القيم**	**0.07**
بناء ضعيف	أقل من 1.5 م	0.32
حجارة	1.5م أو أكبر	0.29
خشب قاسي		
بناء جيد	0.3 أو أقل	0.88
إسمنت	أكبر من 0.3 – أقل من 0.9	0.48
صخر	0.9 – أقل من 1.5	0.40
	1.5 – أقل من 2.1	032
	2.1 أو أكبر	0.27
إسمنت قاسي	0.3 أو أقل	1.14
بناء درجة أولى	أكبر من 0.3 – أقل من 0.9	0.62
	0.9 – أقل من 1.5	0.52
	1.5 – أقل من 2.1	0.41
	2.1 أو أكبر	0.35
إسمنت مسلح	0.3 أو أقل	1.76
	أكبر من 0.3 – أقل من 0.9	0.96
	0.9 – أقل من 1.5	0.80
	1.5 – أقل من 2.1	0.63
	2.1 أو أكبر	0.54

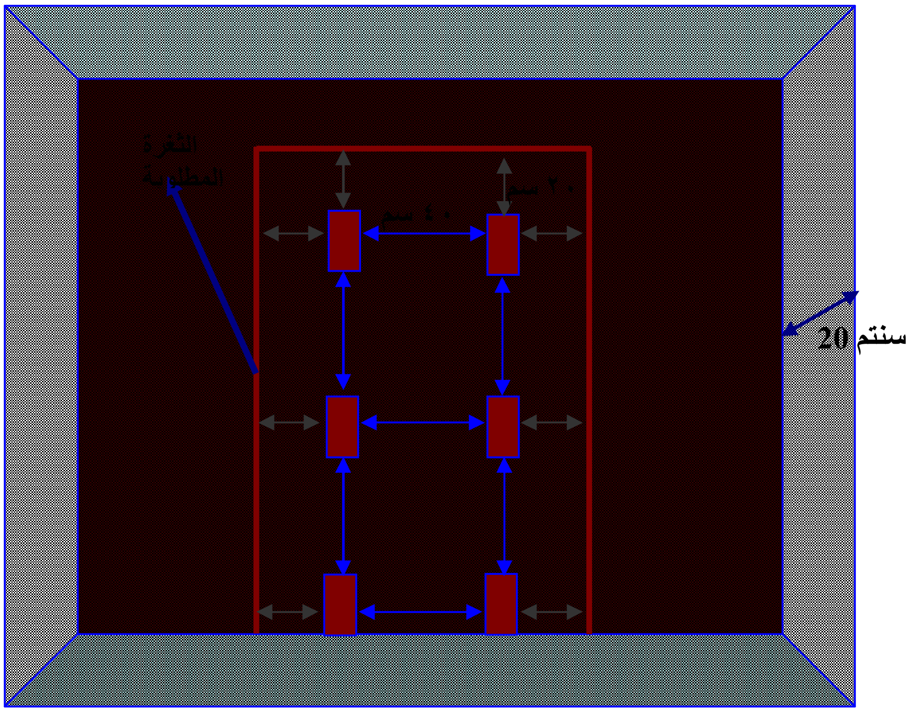
ملاحظة: عند العجز عن تحديد نوع مادة الهدف بدقة، يمكن التقريب إلى أحد الأنواع المعروفة.

معامل الحصر : (C) .

على الأرض بدون دك	مدكوكة بالتراب	مياه ضحلة	مرفوعة وبدون دك	مياه عميقة	بئر مدكوك	في مركز الهدف
						
3.6	2.0	2.0	1.8	1.0	1.0	0.18

كيفية فتح ثغرة في جدار حتى 20 سنتم :

يتم وضع حشوات نصف بوند متباعدة عن بعضها ضعف سماكة الجدار وعلى الشكل التالي :



ملاحظات عامة :

من أجل الحصول على نتيجة أفضل يتم ترتيب العبوات بشكل مربع (الطول يساوي العرض) .

للحشوات التي هي أقل من 40 بوند يجب أن لا تقل سماكة الحشوة 5 سنتم .

للحشوات التي هي أكثر من 40 بوند يجب أن لا تقل سماكة الحشوة 10 سنتم .

حساب عدد العبوات اللازم لتدمير جدار :

عدد العبواتN يتم حسابها على أساس عرض الجدار (W) المراد نسفه باستخدم المعادلة التالية:

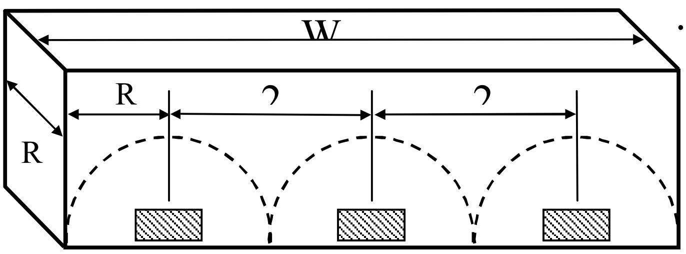
$$N=W/2R$$

إذا كانت قيمه N : – أقل من 1.25 يمكن الاستفادة من حشوة واحدة .

– بين 1.25 و 1.5 يمكن الاستفادة من حشوتين .

– أكثر من 2.5 يتم الاستفادة من العدد الصحيح الأقرب . (أكبر أو أصغر) .

توضع الحشوة الأولى على مسافة R من أحد جوانب الهدف. والحشوات الباقية توضع على مسافة 2R من بعضها.



كيفية وضع الحشوات:

أ. **تحديد مكان الحشوة:**

- عند وضع الحشوة يأخذ بعين الاعتبار الاستغلال الأقصى للموجة الإنفجارية.
- توضع الحشوة (الحشوات) مقابل جهة واحدة من الهدف.
- لتأثير تدميري أفضل توضع الحشوات على ارتفاع من قاعدة الهدف لا يقل عن شعاع التدمير.
- عند توفر الوقت تدك الحشوات بالتراب أو أكياس الرمل، ولا تعتبر الحشوة مدكوكة ما لم تكن سماكة الدكة تساوي شعاع التدمير أو أكثر.
- بالنسبة للركائز، الدعامات، أو الجدران المغمورة جزئياً تحت الماء، توضع الحشوات تحت الماء على عمق يساوي أو أكبر من شعاع التدمير (إذا كانذلك ممكناً).

ب. **شكل الحشوة:**

- للحصول على نتيجة أفضل توضع الحشوة بشكل يكون معه الوجه الأعرض لها على تماس مع الهدف.بحيث يساوي عرض الحشوة ثلاث مرات سماكتها تقريباً .
- تتعلق سماكة الحشوة بكمية المتفجرات اللازمة:

وزن الحشوة / كجم	سماكة الحشوة / سنتم
أقل من 2.5	2.5
2.5 – أقل من 20	5
20 – أقل من 150	10
150 وأكثر	20

حشوة القوة المتعاكسة:

أ. **الإستعمال:** تعتمد على التأثير التدميري لتصادم موجتين إنفجاريتين ناتجتين عن التفجير المتزامن لحشوتين متقابلتين عند مركز الهدف. وتعتبر هذه التقنية الخاصة فعالة ضد أعمدة الحجارة أو الباطون المستطيلة سماكة 120 سنتم أو أقل. وهي ليست فعالة ضد الجدران، الدعائم، أو الأهداف للعريضة جداً . كما أنها تؤدي إلى نتيجة ممتازة بكمية متفجرات قليلة نسبياً .

ب. **كمية المتفجرات:** 1kg TNT → 30 cm

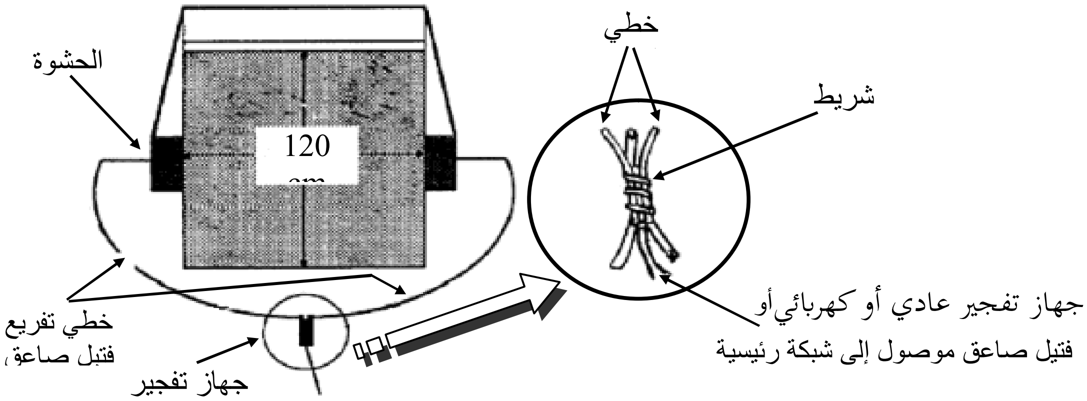
ملاحظة: يحول كسر الكمية إلى أعلى رقم صحيح تالي.

مثال: عمود باطون سماكة 112.6 cm: 112.6/ 30= 3.75 Kg = 4Kg

ج. طريقة الوضع:

- توزع الحشوة بالتساوي على جهتين متقابلتين من الهدف.
- يمكن ترك فاصل بين الحشوتين على أن لا يتجاوز الفارق بينهما ربع سماكة الهدف.

د. التفجير: يتم تفجير الحشوتين في نفس الوقت بواسطة خط تفريع فتيل صاعق من كل حشوة موصولين إلى نفس جهاز التفجير. يجب أن يكون خطي التفريع متساويا الطول لضمان التفجير المتزامن.



كيفية إستعمال الجدول:

١- حدد نوع مادة الهدف.

٢- حدد سماكة الهدف.

٣- حدد كيفية وضع الحشوة بالنسبة للهدف.

٤- إستعمل الجدول لتحديد كمية الـ TNT. اللازمة لتدمير هدف من الباطون المسلح بنفس سماكة الهدف المراد تدميره.

٥- إستعمل الجدول لتحديد معامل التحويل لنوع الهدف المراد تدميره.

٦- أضرب قيمة الكمية المحددة من الجدول بقيمة المعمل من الجدول لتحصل على قيمة الكمية اللازمة لتدمير الهدف.

مثال: حائط من الخشب والتراب سماكته 2م. الحشوة سطحية مركزة ستوضع عند قاعدته بدون دك. ماهي كمية الـ TNT. اللازمة لتدميره؟.

الحل:

- كمية الـ TNT. اللازمة لتدمير حائط باطون مسلح بنفس السماكة حسب الجدولهي: 280.3كلغ.
- معامل التحويل لنوع الهدف المراد تدميره حسب الجدول: 0.4
- كمية الـ TNT. اللازمة لتدمير الهدف هي: 280.3 x 0.4 = 112.12 كلغ.

العبوة الصدمية :

يستخدم القانون التالي لتدمير المباني ، علما أنه يفضل استخدام العبوة داخل المبنى في وسطه

وزن المادة المتفجرة (كجم) = ٠,٣٥ × س٢ × الحجم

حيث س = سمك الجدار (م)

وهي تقريبا = ٠,١٥ كجم/ م٣ (سمك جدار الطوب حتى ٤٠ سم)

مثال :

مبنى مكون من ٣ طوابق (مساحته ٢٠٠ م٢ وارتفاعه ١٢م . احسب الكمية للازمة من المواد للعبوة الصدمية لتدمير المبنى سمك جداره ٤٠ سم ؟

الحل :

حجم المبنى (م٢) = ٢٠٠ × ١٢ = ٢٤٠٠ متر مربع

وزن المادة(كجم) = ٠,١٥ × ٢٤٠٠ = ٣٦٠ كجم

حشوات الحفر والخنادق

العوامل:

أ- **الحجم (القياس):**لكي يكون العائق فعال ومؤثر يجب أن تكون حفر الطريق متسعة جداً وعميقة ومنحدرة الجوانب لمنع أي آلية من تجاوزها. لا تعوق حفر الطرقات المنسوفة الدبابات الحديثة بشكل غير محدد. تعمل الدبابة، محاولات متكررة لعبور الحفرة حيث تدفع بالأترية الغير ثابتة من منحدرات الحفرة، وتملأ قعرها وتقلل عمق وزاوية انحدار الحفرة.

لا تعتبر الحفرة كحاجز فعال ضد الدبابات إلا إذا احتاجت إلى وقت كبير وكاف لاجتيازه مما يمكن أسلحة م/د من ايقافها.

يجب أن تكون الحفرة عريضة كفاية لتربط بين الحواجز الطبيعية أو الاصطناعية ببعضها.

لتحسين فعالية حفر الطرق المنسوفة توضع حواجز من كلا جهتيه، يحفر وجه الحاجز عامودياً من الجهة الصديقة، يلغم الموقع بألغام م/د و م/أ تملأ الحفرة بالماء، او باستعمال وسائل أخرى لزيادة تأخير مدرعات العدو.

تقطع الطريق بحفر على طول الثغرة المطلوبة بزاوية ٤٥° من جهة الاقتراب. هذا القطع الزاوي يقلل من قدرة الدبابة على تخطي المجنبات.

لتحقيق عمق كاف للحاجز، ضع الحفر في صف أو عدة صفوف، عزز بعض الحواجز الأخرى، مثل تدمير جسر. عند إنشاء أكثر من صف من الحفر، باعد بينهم بشكل لا يسمح لحاملات الجسور المدرعة من اجتيازه.

ب- المتفجرات: كل المتفجرات العسكرية تستطيع إنشاء حفر م/د. عند توفره، استعمل حشوة حفر زنة ٤٠ باوند من نيترات الأمونيوم لنسف الحفر.

❖ تغليف موضع الحشوة: توضع الحشوة في ثقب وتدك.

تدمير الأرصفة والطرق المبلطة والمزفتة:

هي الحفر المعدة لحشوات الحفر وذلك بتفجير حشوات مدكوكة على سطح الطريق أو الرصيف. يستعمل ١ باوند لكل ٢ إنش سماكة من الإسفلت أو البلاط. دك الحشوات مرتين سماكة الإسفلت. الحشوات الجوفاء فعالة لتدمير الأرصفة إذ تنسف بسهولة حفرة ذات قطر صغير (ثقب) خلال الإسفلت وداخل الطبقة السفلى (التحتية) مما يعجل في تنفيذ مهمة الحفر أولاً، وتزيل الحاجة إلى نسف الإسفلت بحشوات متفجرة ومن ثم حفر الحفرة لحشوة الحفرة ثانياً.

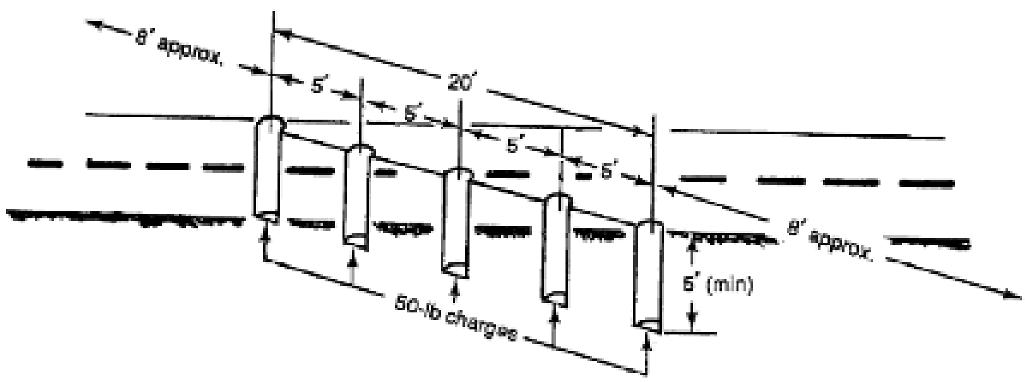
لا تنتج دائماً عن الحشوة الجوفاء ثقب مفتوح قادر على استيعاب حشوة حفر قطر ٧ إنش. فقد تحتاج إلى رفع بعض الأتربة أو توسيع المساحات الضيقة لتتلائم الحشوة مع الثقب.

توسع الآبار الضيقة بإزالة المواد المساحات الضيقة بقضيب أو عصا أو بتكسير الإسمنت المحطم على السطح بواسطة مخل (منقار - ازميل) أو عتلة مدبدبة.

الحفرة السريعة:

هذه الطريقة تأخذ وقتاً طويلاً لإنجازها، ترتكز على عدد وعمق الحفر. ولكنها تنتج مانعاً قليل الفعالية بسبب عمقه. الطريقة السريعة تكّون حفرة شكل ٧ عمق ٦-٧ قدم وعرض ٢٠-٢٥ قدم، تمتد تقريباً ٨ أقدام ما بعد كلا الحفر الطرفيه. تنحدر واجهات الحفرة ٢٥-٣٥ْ. الدبابات الحديثة تحتاج إلى ٤ محاولات كحد وسطي لعبور حفرة سريعة. لتكوين حفرة فعالة ضد الدبابات، يجب ان تكون الحفرة (البئر) عمق ٥ اقدام على الأقل و ٥٠ باوند من المتفجرات في كل ثقب على الأقل.

استخدم الإجراء التالي لإنشاء حفرة طريق.



أ- الآبار: احفر كل الآبار الى نفس العمق (٥ اقدام أو أعمق). باعد بين الآبار مسافة ٥ أقدام، مركز الى مركز على طول الطريق. استعمل المعادلة التالية لحساب عدد الآبار:

$$N = \frac{L - 16}{5} + 1$$

حيث:-

N = عدد الآبار، حول الأعداد الكسرية إلى أقرب عدد صحيح.

L = طول الحفرة بالقدم (تقاس على طول مساحة القطع).

وتحول الأعداد الكسرية إلى أقرب عدد صحيح.

16 = مجموع تفجر الأطراف ٨ قدم من كل جانب.

5 = ٥ أقدام مسافة تباعد.

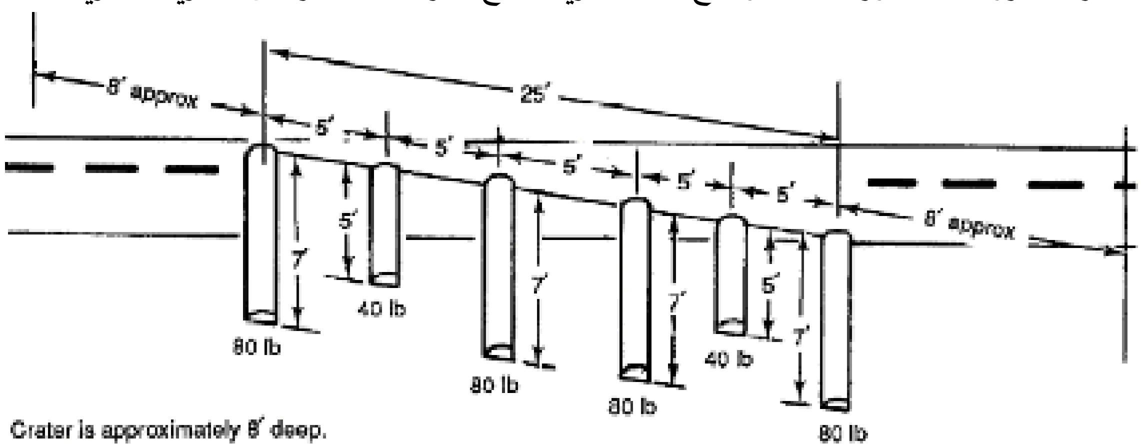
1 = عامل للتحويل من مساحة التباعد إلى الحفرة.

ب- حجم الحشوة: إملأ الآبار بـ ١٠ باوند من المتفجرات لكل قدم من عمق البئر.

ج- جهاز التفجير: يستعمل جهاز تفجير مزدوج.

❖ الدك: دك كل الآبار بالمواد المناسبة.

الحفرة المدروسة: الصورة التالية توضح بمثال طريقة تنتج حفرة فعالة أكثر من الطريقة السريعة.



الدبابات الحديثة تتطلب ٨ محاولات كحد وسط لاختراق الحفرة المدروسة. تكون الحشوات المدروسة حفرة شكل ٧. عمق = ٧ -٨ قدم تقريباً و ٢٥-٣٥ قدم عمق، وانحدار الجوانب ٣٠-٣٧ْ. تمتد الحفرة ٨ أقدام ما بعد الآبار الطرفيه.

أ. حدد عدد الآبار المطلوبة باستعمال نفس القاعدة للحفرة السريعة.

عندما يكون الحفر زومي (متعادل) ضع حشوتين متجاورتين عمق ٧ قدم في الوسط.

ب. أحفر أو انسف الآبار ٥ قدم على حدة، مركز لمركز، على طول خط مساحة القطع. ضع الآبار النهائية ٧ قدم عمق والآبار الأخرى ٥ و ٧ قدم عمق بالتعاقب (التناوب) لا تضع أبداً حشوتين في ثقبين متعاقبين الواحد تلو الآخر بعمق ٥ قدم.

ج. ضع ٨٠ باوند من المتفجرات في الآبار ٧ قدم و ٤٠ باوند في الآبار ٥ قدم.

د. استعمل أجهزة التفجير المزدوجة

هـ. دك الحشوات بالمواد المناسبة.

حفرة الميل المنعكسة (او خندق الوجه – المنفرج (المخفف)):

الطريقة المعروضة في الصورة التالية تكون حفرة كعائق فعال جداً ضد الدبابات الحديثة أكثر من الحفرة النموذجية، هذه التقنية تكون حفرة شكل شبه منحرف عمق ٧–٨ قدم و ٢٥–٣٠ قدم عرض مع منحدرات غير متساوية.

في الأرض الصلبة (المضغوطة مثل الطمي) تولد هذه الطريقة عائقاً مثل الموضح في الصورة (٣–٢٠). ينحدر الجانب المقابل للعدو بزاوية ٢٥ْ تقريباً من سطح الطريق إلى قعر الخندق (الحفرة). وينحدر الجانب المعاكس (جهة الصديق) بزاوية ٣٠–٤٠ْ تقريباً من سطح الطريق حتى قعر الخندق. ومع ذلك، يتعلق الشكل الصحيح للخندق بنوع الأرض.

اتبع الاجراءات التالية لإنشاء خندق الوجه – المنفرج (المخفف).

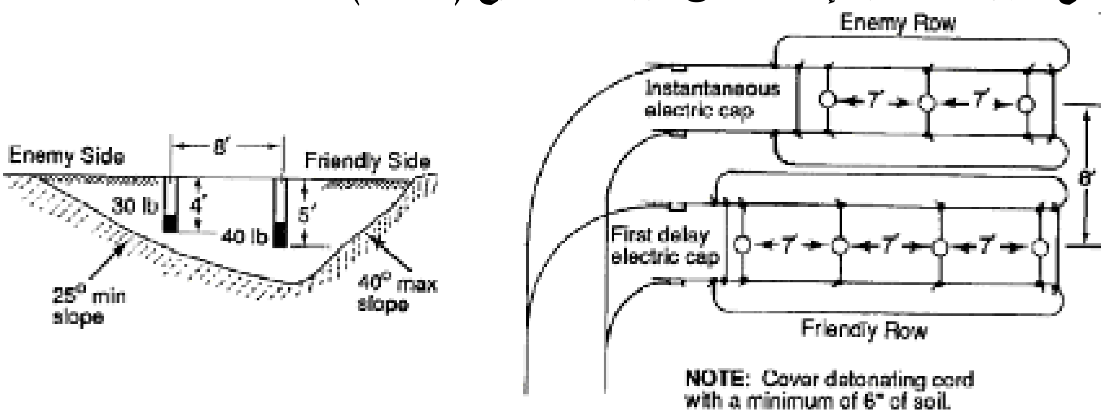


Figure 3-20. Relieved-face crater

أ. على الطرقات الترابية أو الحصوية السطح، اثقب (احفر) خطين من الآبار عمق ٨ قدم على حدة، يبعد الخط عن الآخر ٧ قدم من المركز.

على الطرقات القاسية السطح، اثقب خطي الآبار ١٢ قدم على حدة. استعمل المعادلة التالية لحساب عدد الآبار للصف جهة الصديق:

$$N = \frac{L - 10}{7} + 1$$

حيث:-

N = عدد الآبار، حول الأعداد الكسرية إلى أقرب عدد صحيح.

L = طول الخندق بالقدم (تقاس على طول مساحة خط القطع).

وتحول الأعداد الكسرية إلى أقرب عدد صحيح.

10 = مجموع تفجر الأطراف ٥ قدم من كل جانب.

7 = المسافة بين الآبار.

1 = عامل لتحويل المساحة إلى العمق.

ب. نظم الآبار في الصف المواجه للعدو على علاقة مع الآبار في الصف المواجه للصديق يحتوي خط السد المواجه للعدو على بئر واحد أقل من خط الصديق.

ج. عمق الآبار في جهة الصديق ٥ قدم وتملأ بـ ٤٠ باوند من متفجرات. من جهة العدو عمق ٤ قدم وتملأ بـ ٣٠ باوند متفجرات.

د. استخدم جهاز تفجير مزدوج لكل خط من الآبار.

هـ. الدك: دك كل الحفر بالمواد المناسبة.

يجب أن يكون هناك تأخير 0,5 - 1,5 ثانية في التفجير بين خطي الآبار.

يتفجر الصف المواجه للعدو أولاً، بعد ذلك يفجر الخط المواجه للصديق بينما تكون الأتربة من جهة العدو لا زالت في الهواء. استخدم صواعق تأخير. إذا لم تنظم عملية التفجير، يتفجر كلا الخطين معاً. ولكن الخندق الناتج عن التفجير المتزامن لا يملك نفس العمق والشكل الشبه منحرف مثل خندق ...

منع إخفاق التفجير:

يمكن أن تؤثر الصدمة الناتجة عن تفجير الصف الأول من الحشوات (المواجهة للعدو) على التفجير التأخيري لحشوات الجهة الصديقة. لمنع إخفاق تفجير حشوات الجهة الصديقة، تحمى خطوط الفتيل الصاعق بتغطيتها بطبقة ٦ إنش تقريباً من التراب.

إنشاء حفر في التربة المتصقعة والثلج:-

أ. **النسف في التربة المتصقعة:**- يمكن أن تكون التربة المتصقعة قاسية كالصخور الصلبة. لذلك، يجب (تهيئة) اجراءات النسف او الحفر للتكيف مع حالات التربة المتصقعة. في التربة المتصقعة، يتطلب النسف كمية حشوات مضاعفة تقريباً عن عمليات الحفر في الطقس المعتدل. بالنسف تتكون كتل بسماكة ١٢-٢٨ إنش وقطر ٦-٨ إنش. لأن الحشوات العادية تملك قوة غير كافية لاقتلاع هذه الكتل من الآبار ترتد الأجزاء الى الخندق عندما يخمد العصف.

(١) **الآبار:** قبل تولي عملية تفجير شاملة، أنجز اختباراً على الأرض في المكان لتحديد عدد الآبار اللازمة. احفر الآبار بأدوات حفر (Standard) آلة الحفر بضغط الهواء، أو حشوات مجوفة، آلات الحفر التقليدية النموذجية.. تملك علة واحدة وهي تجمد أداة الحفر بسبب هواء الثقب، لا يوجد طريقة لتجنب ذلك التجمد.

الحفر بآلة نقطة البخار فعالة لحفر الآبار في الأراضي الرملية، والطينية ولكن ليس في الحصاء توضع الحشوات مباشرة بعد سحب نقطة البخار وإلا فإن المنطقة حول البئر ستذوب وتنهار.

الحشوات المجوفة فعالة أيضاً لإنشاء الآبار. وخصوصاً عند تكوين الخنادق (الحفر).

(٢) **المتفجرات:** استعمل متفجرات ذات سرعة منخفضة إذا كانت متوفرة مثل آمونيو نيترات، لنسف الحفر في المناخات القطبية. ان نوعية الازاحة للمتفجرات البطيئة السرعة هي أكثر فعالية حيث تغطي صخرة كبيرة من الخندق (الحفرة).

إذا لم يتوفر غير المتفجرات العالية السرعة، دك الحشوات بالماء واتركها حتى تتجمد قبل التفجير. ما لم تتمكن من دكها، تفجر خارج البئر.

ب. **النسف في الثلج:** تهدف الحفر في الجليد للحصول على الماء ولتحديد مقدرته (قدرته) على تحمل الطائرات والآليات. لتأمين ارسال التحركات بسرعة، يجب ان يكون لنا قدرة على تحديد قدرات الجليد بسرعة. عمليات النسف تؤمن هذه القدرة.

(١) **الآبار:**- اصنع حفرة ذات قطر صغير باستعمال حشوات مجوفة. حشوة M2A4 تخرق الجليد بسماكة ٧ قدم، حشوة M3A1 تخرقه فوق ١٢ قدم من الجليد . تستطيع M3A1 ان تخترق أعمق، ولكنها مختبرة فقط على الجليد سماكة ١٢قدم تقريباً . اذا وضعت على مسافة التعادل الطبيعية تكون الحشوة حفرة عريضة (واسعة) السطح، مما يتطلب القيام باجراء عملية سبر مهمة لإيجاد البئر الحقيقي. استعمل مسافة التعادل ٤٢ إنش أو أكثر مع الحشوة المجوفة

M2A4 لتجنب تكون حفرة مفرطة (زائدة). حفرة الـ M2A4 تغطي بئر قطره ½ 3 إنش كحد وسط. بئر M3A1 يملك قطر ٦ إنش كحد وسط.
في أواخر فصل الشتاء يصبح الثلج ضعيف وواهن ويتغير لونه من اللون الأزرق إلى الأبيض. مع ان بنية وصلابة الثلج تتغير، ويبقى تأثير الحفر مماثل، بغض النظر عن مسافة التعادل.
(٢) **الحفر:** يتم إنشاء حفر سطحية. حشوات الحفر او ألواح التدمير من نيترات الأمونيوم.
للحصول على نتائج أفضل، توضع الحشوات على سطح نقي من الجليد ويدك بالثلج. عند تحديد حجم الحشوة، ضع في ذهنك أن للجليد نزعة للتكسر بسهولة أكبر من التراب (الأرض)، وهذه النزعة تقلل حجم الحشوة.

ج. **إنشاء عوائق للآليات:** يتم إنشاء عائق آليات في الجليد بإنشاء اثنين او أكثر من صفوف الآبار بين البئر والآخر ٩ قدم. ونظمهم على علاقة بالآبار في الصفوف الأخرى. تعلق (تحمل) حشوات Ml12 ٢ قدم فوق سطح قعر الجليد مع أسلاك مربوطة الى أوتاد مجسرة فوق الحفر.. يتعلق حجم الحشوة بسماكة وحالة الجليد. تستعمل طلقات الفحص لإيجاد الكمية القصوى (الفضلى) هذا النوع من العوائق يستطيع تأخير أو إيقاف آليات العدو ٢٤ ساعة تقريباً عند درجة حرارة قريبة من ٢٤ْ- تحت الصفر فهرنهايت.

حفر خندق مثل سواقي المياه أقنية (خندق):

ان تدمير ساقية ليست أكثر من ١٥ قدم عمق يمكن ان ينتج أيضاً خندق فعال (تأثير خندقي). يفجر الحشوات بوقت واحد، وتدك بأكياس الرمل. تدمر السواقي ليست أعمق من ٥ قدم بوضع حشوات متفجرة بنفس الطريقة السريعة المتبعة لخنادق الطرق السريعة. تبتعد الآبار عن بعضها ٥ قدم بوضع في كل بئر ١٠ باوند من المتفجرات بالقدم عمق

حفر مثل خنادق م/د:

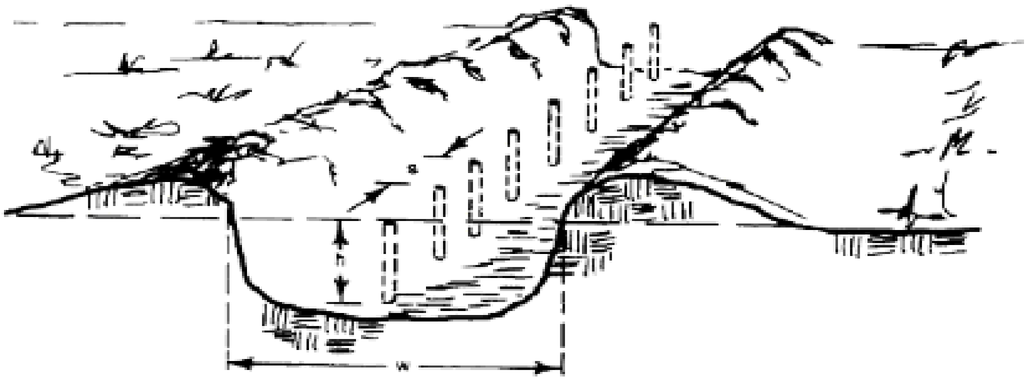
تحفر الخنادق م/د بإحدى طرق الحفر السريعة أو المحضرة (فقرة ٣-١٩ و ٣-٢٠).

طرق حفر الخنادق:

يمكن للمتفجرات إنشاء خنادق سريعة تنحدر الخنادق بنسبة ٢ لـ ٤ قدم بالعمق بالـ ١٠٠ قدم.
تحفر الخنادق في المساحات حيث عوامل التعرية الطبيعية تساعد في إنشاء مستوى العمق المطلوب. إذا كنت لا تستطيع إنشاء الخندق في الأماكن المساعدة بالتعرية، احفر عمق الخندق يزداد العمق كلما ازداد الطول.

استخدم الطرق التالية لحفر الخنادق:-

أ- **خط واحد:** تعتبر طريقة الخط الواحد هي أفضل الطرق الشائعة في إنشاء الخنادق.



فجر صف واحد من الحشوات على طول الخط المركزي للخندق المقترح (المطلوب) اترك أي توسيع اضافي لخطوط لاحقة من الحشوات.

الجدول التالي يعطي تشكيلة حشوات بطريقة الخط - مفرد.

Table 3-8. Single-line ditching explosives data

Serial	Required Ditch Depth (d)	Required Width Top of Ditch (w) (Feet)	Charges per Hole (Pounds)	Borehole Depth (h) (Feet)	Borehole Spacing (s) (Feet)
a	b	c	d	e	f
1	2.5	5.0	0.5	1.5	1.5
2	3.0	7.0	1.0	2.0	2.0
3	4.0	9.0	2.0	3.0	3.0
4	6.0	12.0	5.0	5.0	4.0
5	10.0	16.0	10.0	8.0	5.0

ب- **مقطع عرضي:** عندما يكون ضرورياً لنسف كامل عرض الخندق في عملية واحدة، استخدم طريقة المقطع العرضي الجدول التالي يعطي تشكيلة حشوات لهذه الطريقة. ضع حشوة اضافية وسطية بين خطوط الحشوات.

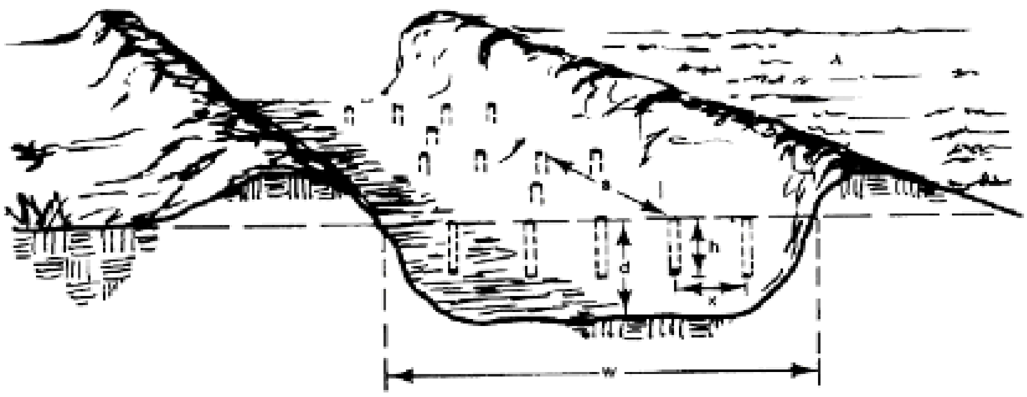


Table 3-9. Cross-section ditching explosives data

Serial	Required Depth (*d*)	Required Width (*w*) In Feet / Number of Boreholes In Each Cross Section					Charge per Hole (Pounds)	Borehole Depth (*h*) (Feet)	Borehole Spacing (*s*) (Feet)	Row Spacing (*x*) (Feet)
		3	5	7	9	11				
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
1	2.5	7.5	11.0	13.0	16.0	18.0	0.5	1.5	1.3	2.5
2	3.0	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0	1.0	2.0	1.5	3.0
3	4.0	14.0	19.0	24.0	29.0	34.0	2.0	3.0	2.5	4.5
4	6.0	20.0	28.0	36.0	44.0	52.0	5.0	5.0	4.0	6.0
5	10.0	26.0	33.0	46.0	56.0	65.0	10.0	7.0	5.0	8.0

عبوات الحفر:

وهي وسيلة لإحداث حفر في الطرقات لقطعها ولحرمان العدو من الاستفادة منها.

إحداث حفرة مع وجود وقت :

يمكن إحداث حفرة على شكل رقم ٧ بعمق ٢,٥ متر وبالطول المطلوب باستخدام هذه الطريقة:

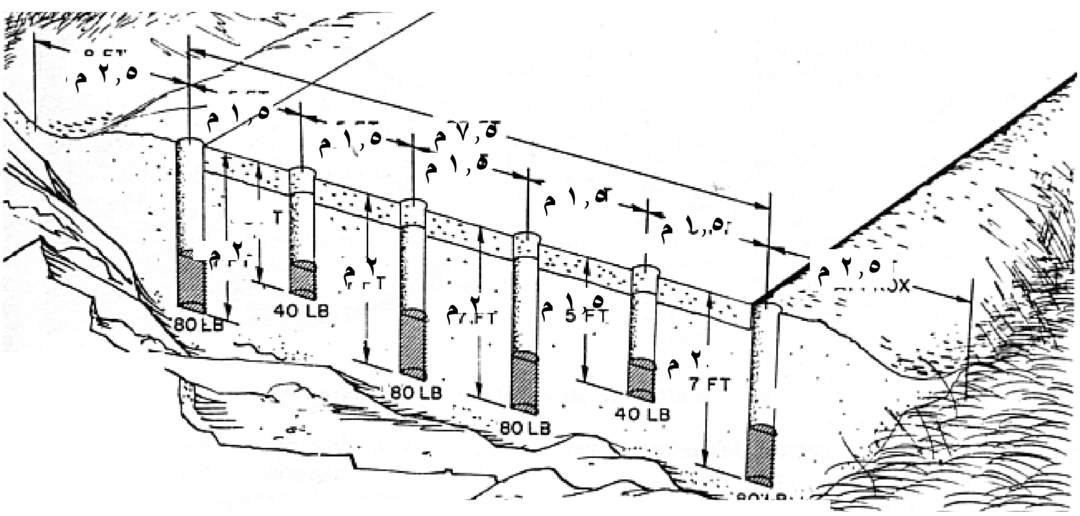
- ❖ قم بحفر ثقوب بقطر ١٨-٢٢ سم (بحسب حشوة الحفر المتوفرة) متباعدة عن بعضها ١,٥ متر وبعمق مترين و متر ونصف بشكل متناوب (الثقوب التي على الأطراف تكون من النوع العميق). عدد الثقوبN المطلوبة يمكن حسابه بالمعادلة التالية

$$N = \frac{2L - 10}{3} + 1$$

عرض الطريق (بالمتر) = W

يمنع أن يكون ثقبان ١,٥ بشكل متجاور، وإذا ما احتيج يتم وضع ثقبان عميقان بشكل متجاور.

- يتم تعبئة الثقوب العميقة بحشوات (٣٦ كجم) والثقوب القليلة العمق بحشوات (١٨ كجم)
- بعد وصل الصواعق ، قم بطمر العبوات بالتراب أو بأي مادة مناسبة.



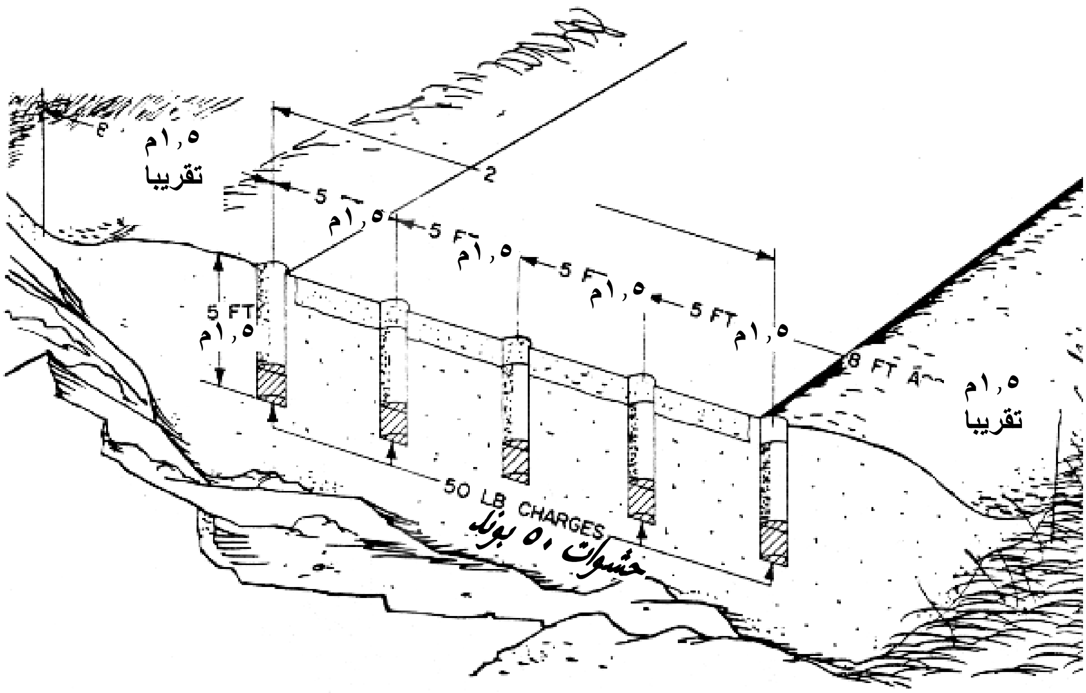
إحداث حفرة بشكل سريع :

هذه الطريقة تشكل حفرة بعمق مرة ونصف عمق الثقوب وعرض ٥ مرات عمق الثقوب وتمتد مسافة ٢,٥ متر من كل جهة.

مستوى انحناء الحفرة يتراوح بين ٣٠ و ٦٠ درجة بحسب نوع التربة. الحفر الناتجة عن حشوات بأعماق أقل من ١,٢ متر وبحشوات أقل من ٢٠كجم تعتبر غير فعالة ضد الدبابات.

الطريقة السريعة هي كالتالي :

- أحفر كل الثقوب إلى نفس العمق (يتراوح بين ٧٥ سم و ١٥٠ سم بحسب الحفرة المطلوبة)، أبعد الثقوب عن بعضها مسافة ١,٥ متر.
- إملأ الثقوب بالمواد (٤-٥ كجم لكل ٣٠ سم عمق)
- بعد وصل الصواعق ، قم بطمر العبوات بالتراب أو بأي مادة مناسبة.



ولمعرفة حجم أي حفرة يراد عملها أو تحديد كمية المتفجرات التي استخدمت ونتج عنها حفرة فاننا نستخدم القانونين التاليين :

الحشوة المتطاولة :

وزن المادة المتفجرة (كجم) = ١٢ × k × (عمق الحفرة بالمتر)٢ × طول الحفرة بالمتر

الحشوة المركزة :

وزن المادة المتفجرة (كجم) = 35 × K × (عمق الحفرة)٣

حيث K = معامل نوع التربة

في حال حساب الأرضية الاسمنتية عادة لا يتجاوز سماكة طبقة الاسمنت للطرق ٢٥ سم فعند ذلك نعوض عن k بـ (١)

ليصبح القانون في هذه الحالة :

للحشوة المتطاولة = ١٢ × (عمق الحفرة بالمتر)٢ × طول الحفرة بالمتر

وللحشوة المركزة = 35 × (عمق الحفرة)٣

نوع التربة	معامل نوع التربة k
أرض محروثة حديثا	٠,٣
أرض زراعية	٠,٥
رمل رطب	٠,٦
أرض طينية	٠,٨٥
أرض حرارية	٠,٩٥
أرض حجرية قاسية	١,٣
أرض اسمنتية	١,٥

فصل ملحق : العمليات التخريبية

المواصلات: تعتبر شبكة الطرق العامة، الأنفاق، الجسور، خطوط السكك الحديد، المطارات، المرافئ أساسية لإستمرار الأعمال في الدول الحديثة. فتخريب أي من هذه المرافق يؤدي إلى نقص في إيصال المعدات المطلوبة، وإيقاف الحركة ووصول المقاتلين إلى الجبهات والعمال إلى مراكز عملهم.

طرق المواصلات:

تعتبر شبكة الطرق العامة هي الأسهل للتخريب ذلك أنها غير محمية بشكل كامل.

- **التدمير الجزئي:** يمكن تحقيق تدمير جزئي باستخدام حشوات الحفر لتدمير سطح الطريق أو وضع حشوات داخل المجاري أو الأنفاق لتدمير الطرقات فوقها. يتم إسقاط الجسور أو جدران الدعم أو الأشجار لقطع الطريق. (إسقاط الأشجار تعتبر الأقل فاعلية، ولكنها تتطلب مواد متفجرة أقل من غيرها من الطرق). يمكن تعطيل حركة المرور بوضع عوائق، نثر زيت، مسامير، زجاج مكسور أو أدوات مخصصة لثقب الدواليب وخاصة في أوقات الذروة لإحداث أكبر تعطيل ممكن للطريق.
- **التدمير الكلي:** ويتم بتدمير الطريق بالكامل ولكن هذه العملية مستحيلة نظراً لإمكانية ترميم أي ضرر يلحق بالطريق. الطريقة الأفضل هي بجعل العدو يعتقد أن الضرر كبير وممتد على مساحة واسعة بشكل يحتاج إلى عمل جدي لإعادة الإصلاح والترميم.

المعادلة الأساسية: تحسب قيمة الحشوة اللازمة لتدمير طرق المواصلات بالمعادلة التالية:

$$P=16KCR^3$$

حيث أن P= قيمة الحشوة بالكغ.

R= شعاع التدمير (عمق البئر) بالمتر.

K= معامل نوع الهدف.

C= معامل وضعية الحشوة بالنسبة للهدف.

عدد الحشوات: $N=(W/R)-1$

حيث أن W= عرض الطريق.

- ❖ إذا كانت N أقل من 1.25 تستعمل حشوة واحدة.
- ❖ إذا كانت N أكبرأو تساوي 1.25 وأصغر من 2.49 تستعمل حشوتين.
- ❖ إذا كانت N أكبر من 2.5 يستعمل أقرب عدد صحيح.
- ❖ يفضل أن تكون المسافة بين الحشوات تساوي عمق البئر.
- ❖ يبدأ بوضع الحشوات من أحد جانبي الطريق من مسافة تساوي عمق البئر.

السكك الحديد:

تعتبر خطوط السكك الحديد غير محصنة وسهلة التخريب أيضاً . يمكن تفكيكها يدوياً ، تدميرها بالمتفجرات أو إغلاقها بالعوائق وقد تكلمنا سابقا عن بعض طرق تفجيرها.

يتم تدمير خطوط السكك الحديد بالمتفجرات عند نقاط الضعف كالمنعطفات، التحويلات، التوصيلات، والتقاطعات. هذه الأماكن يمكن تدميرها بكميات صغيرة من المواد المتفجرة (٥٠٠ – ١٠٠٠ غرام). وتعتبر عملية تدمير الأجزاء المستقيمة هي الأفضل وتتحقق بوضع حشوات ٥٠٠ غرام على كلا الخطين بتباعد ٢٥م، بشكل متداخل من جهة إلى أخرى. على طول المسافة المطلوب تدميرها. لزيادة التدمير ، يمكن استخدام حشوات حفر لتدمير وسط الخطوط.

الأنفاق:

يعتبر تدمير الأنفاق في الواقع خارج مجال عمل سلاح الهندسة. فالتدمير السريع يتطلب كميات ضخمة من المتفجرات تصل إلى ٥٠٠٠كلغ أو أكثر تقريباً . في حين أنه في التدمير المحضر عبر غرف التمير المعدة مسبقاً ، يتطلب ١٥٠٠ كلغ من المواد المتفجرة. ولكن ثمة طريقتين لتدمير النفق تختار الواحدة منهما وفقًا لصلابة الهدف ووفقاً للوقت المتوفر. وفي كلتا الحالتين يجب اختيار مكان التدمير بحيث يكون ترميمه صعباً .

تدمير الجوانب: حيث يتم تدمير الجدران الجانبية على طول كاف يجعل من عملية ترميم النفق عملية صعبة للغاية.

تدمير المداخل: حيث يتم تدمير مدخلي النفق أو أحدهما بواسطة ثلاث حشوات، واحدة فوق قبة النفق وواحدة في كل من الجانبين.

ملاحظة: تحسب كمية المتفجرت اللازمة وفق معادلة تدمير الهداف الإسمنتية. على أن لا تقل قيمة شعاع التدمير عن ١,٦٥ م. ويفضل أن تكون الحشوات داخلية.

ويعتبر البديل الأفضل والأسهل لسلاح الهندسة هو باستخدام حشوات الحفر عند مداخل النفق لإحداث إنزلاقات وانهيارات تؤدي إلى إغلاقه.

المطارات:

تعتبر المطارات من الأهداف الصعبة التخريب فهي مراقبة جيداً ومحمية بحراسة مشددة.

يتم تدمير برج المراقبة لإيقاف الملاحة في المطار باستخدام المتفجرات أو الحريق. ومن المهم إحداث إضرار لا يمكن إصلاحها بمعدات الإتصال الأساسية.

قلما يمكن تدمير المدارج بشكل كامل بسبب الكمية الكبيرة المطلوبة من المواد المتفجرة والوقت اللازم لتنفيذ ذلك. يتم تعطيل المدارج بحشوات حفر على أن لا تزيد المسافة بين قسمين مدمرين عن ٢٠٠ م. أو يمكن ضرب الطائرات عندما تجثم على المدرج أو يمكن ضربها في الهواء عند الإقلاع أوالهبوط بواسطة أسلحة مضادة للطائرات أو بندقية قنص ذات مدى كبير.

يمكن تدمير مخازن الوقود والذخائر بسهولة باستخدام المواد الحارقة وكميات قليلة من المواد المتفجرة.

المرافئ:

تعتبر المرافئ من الأهداف الصعبة أيضاً . وتتم عملية خريبها بإغراق السفن في الأحواض، بجانب أرصفة الرسو، تحت الجسور... ويمكن تفكيك أو تدمير الرافعات، المنارات، زوارق السحب أو القطر، مرافق الخدمات، ومعدات الإتصال...

الجسور: سنفرد لها فصلا كاملا وسنجمل الآن باختصار شئ بسيط عنها

بداية يصعب تصنيف الجسور بسبب تنوعها الناتج عن حاجات البناء التي تتغير وفق متطلبات موقع البناء. **ولكن هناك مبادئ عامة للتدمير:**

أ- تعطى الأولوية لأجزاء الشد (التوتر) لأنها صعبة الترميم أكثر من أجزاء الضغط. فأجزاء الشد تتطلب دائماً إلى تباشيم تثبيت أو تلحيم، بينما أجزاء الضغط يمكن استبدالها في بعض الأحيان.

ب- الأجزاء المعدنية الطويلة التي تتطلب القطع فقط من مكان واحد لتدمير الجسر يجب تدميرها لمنع إعادة استعمالها بقطعها أو وصلها (للتدمير الكامل فقط).

ج- إذا كان هناك طرق تمر تحت الجسر، يخطط للتدمير لكي أي ركائز مؤقتة يمكن أن توضع لترميم الجسر توضع حيث تسد (تعطل) حركة المرور.

د- إذا كانت المسافة بين سطح الأرض والجسر كبيرة كفاية، فإن وزن الجسر يمكن أن يستخدم للمساعدة في تدميره، ويقلل كمية المتفجرات المطلوبة.

هـ- إذا كان المطلوب قطع الجسر من طرف واحد، يجب أن يكون الطرف المعاكس لمنطقة العدو، مما يحتم على العدو عبور العائق لترميم الجسر.

❖ جسر ثابت / مدة بسيطة:

يدعم هذا النوع من الجسور عند الأطراف فقط.ويعتبر من أكثر أنواع الجسور الثابتة شيوعاً .

- **التدمير الجزئي:** صعب إذ أن أي تدمير سيؤثر على المدة بكاملها وستكون نتيجة الضرر أكبر من المطلوب. إذا كان سطح الأرض قريب كفاية، تقطع كلا الحزامين عند طرف واحد. يصبح الجسر منحدر مع بقاء الطرف الغير مقطوع متكئ على الدعامة.
- **التدمير الكامل:**

١. يقطع كل من الجمالون (الشبكة) عند الوسط. يؤدي ذلك إلى ثني الجمالون عند الأطراف وتدمير الدعامات.

٢. إذا كان الجسر مبني فوق مجرى مائي سريع، يقطع التشبيك من الجهة المعاكسة لجريان الماء عند الأطراف. حيث يضرب الماء على الجزء الساقط مما يؤدي إلى فتل التشبيك الأساسي عند الدعامة وانهيار الجسر تحت وطأة وزنه.

❖ جسر ثابت / مدة متصلة:

هذه الجسور مشابهة لجسور المدة البسيطة باستثناء أنها تستند في الوسط على دعامة أو أكثر.

- **التدمير الجزئي:** يقطع الجسر في وسطه بين الركيزة وأقرب دعامة. يؤدي ذلك إلى سقوط هذا الجزء الصغير، ولكن يترك باقي الجسر صالح للإستعمال في المستقبل.
- **التدمير الكامل:** تقطع المدة من كل جهة من الدعامات في الوسط. يجب أن يكون القطع على مسافات غير متساوية من الركيزة حتى لا تتوازن وبالتالي تسقط، عادة يتم تدمير الركائز الداعمة أيضاً .

❖ الجسور الدوارة:

عبارة عن مدة متصلة يمكن أن تدور حول الركيزة لتأمين مرور آمن لوسائل النقل المائية.

- **التدمير الجزئي:** إن الطريقة الأسهل هي بفتح الجسر وتعطيل آلية التدوير. يمكن تحقيق ذلك بكمية قليلة أو بدون متفجرات ويترك الجسر بحالة جيدة نسبياً لإعادة الإصلاح.
- **التدمير الكامل:** يتحقق التدمير الكامل بنفس الطريقة المتبعة للتدمير الكامل للجسور الثابتة ذات المدات المتصلة. يجب استخدام المتفجرات لتدمير آلية التدوير.

❖ الجسر المتحرك:

عبارة عن جسر له شطران. يمكن رفع أحد الشطرين (أو) خفضه باستعمال ثقل يقابله في الطرف الآخر. ويعتبر الجسر المسحوب (جسور القلاع) هو أكثرها شيوعاً . يتألف من عارضة أو عارضتين التي تطوى إلى أعلى بعيداً عن طريق وسائل النقل المائية. تتوازن العوارض عادة بأوزان معاكسة (إما فوق أو تحت سطح الجسر).

- **التدمير الجزئي:** يمكن تحقيق ذلك بقطع العارضة المتحركة (عادة في نقطة وسط). أو بفتح الجسر وتعطيل آلية الحركة.
- **التدمير الكلي:** يتحقق ذلك بقطع العوارض المتحركة (بالنسبة للجسور المؤلفة من عارضة واحدة يجب قطع أكثر من موضع) وتدمير نظام التحريك.

❖ جسور الرفع العمودي:

يتميز هذا النوع من الجسور بمدة بسيطة ترفع بين برجين، بعيداً عن مسار وسائل النقل المائية.

- **التدمير الجزئي:** غالباً ما تكون المدة المرفوعة حساسة جداً مما يجعل عملية التدمير الجزئي صعبة. إذا كانت المدة تتألف من عدة مدات متصلة، فمن السهل قطع واحدة منها لتحقيق التدمير الجزئي. إذا لا، فإن قطع المدة الرافعة من الوسط يمنع حركة المرور ولكن دون أن يعطل آلية الرفع.

التدمير الكامل: ١- يؤدي قطع حبال الحمل المضاد إلى منع رفع الجسر، وغالباً ما يؤدي سقوط الأحمال المضادة إلى تدمير البرجين ونظام التشغيل.

٢- ترفع المدة وتقطع عند أحد أطرافها، فتقطع المدة الساقطة أحد الأبراج.

٣- مع إبقاء المدة في الأسفل، يقطع البرجين الداعمين. مع وجود الأحمال المضادة في الأعلى، تنهار الأبراج وتقطع المدة.

❖ الجسر العائم بالهواء المضغوط:

يتميز بطريق صلب يستند إلى مقصورة محكمة السد مصنوعة من المطاط ومنفوخة بالهواء.

- **التدمير الجزئي:** تقطع حبال الرسو وخطوط الكبح (إما بالمتفجرات أو الفأس). يؤدي ذلك إلى انفصال الجسر إلى أجزاء مما يسبب بطفوه بعيداً عن مكان الرسو.
- **التدمير الكامل:** بسبب وجود عدد كبير والمقصورات المانعة لتسرب المياه في كل عوامة، يتطلب حجم كبير من رمايات الأسلحة الصغيرة لثقبها وإغراقها. هناك طريقة سهلة وهي بوضع لفة من فتيل صاعق حول كل عوامة، وتوصل كلها إلى شبكة رئيسية واحدة.

❖ **الجسر الصلب العائم على قوارب:**

يصنع من مواد مختلفة مثل الخشب، البلاستيك والمعدن ويكون عادة مكشوف.

- **التدمير الجزئي:** مشابه للجسر العائم بالهواء المضغوط.
- **التدمير الكامل:** يوضع ٥٠٠ غرام من المتفجرات في قعر كل قارب من الطرف المعاكس لمجرى الماء وتصعق في نفس الوقت. إذا كان التيار سريع بشكل كاف، يؤدي ذلك إلى انقلاب الجسر قبل أن يغرق.

وسائل الإتصال:

يتطلب تعطيل وسائل الإتصال تدمير الهاتف والتلغراف، محطات التقوية (ريبتر) المحطات اللاسلكية، أجهزة إرسال التلفزيون والراديو، أبراج الهاتف العادي والخلوي، وصحون الأقمار الصناعية، هذه الأهداف سهلة المهاجمة بالإحراق، المتفجرات، ونيران البنادق البعيدة المدى.

يتم تدمير *خطوط الهاتف* بقطع الأعمدة بحشوة قطع الأخشاب الخارجية ومن ثم إشعالها. كما يتم أيضاً قطع الأسلاك، ويفضل أن يكون القطع فوق الحواجز الطبيعية كالأنهار مثلاً لزيادة صعوبة الإصلاح. وأن تقطع الأسلاك إلى قطع صغيرة أوحرقها لمنع استخدامها في عملية الإصلاح.

تسقط أبراج الإرسال بقطع حبال الدعم باستخدام حشوات قطع عند القاعدة. ويفض أن يتم إسقاط الأبراج على مبنى الإرسال، مصدر طاقة الإرسال أو أي شيء يراد تدميره ويزيد من تدمير البرج. يجب قطع الأبراج الكبيرة إلى عدة أجزاء لمنع استخدام الأجزاء في صناعة برج صغير مؤقت.

تدمر أجهزة الإرسال ولوحات التحويل يدوياً أو بواسطة حشوات صغيرة. وتدمر مولدات الطاقة بواسطة المتفجرات أو بوضع رمل في مكان الزيت.

ملاحظة: يجب عدم استخدام أجهزة تفجير كهربائية بالقرب من محطات الإرسال.

محطات توليد الطاقة الكهربائية:

تعتبر الطاقة الكهربائية بدون شك ضرورية للحياة. فالتدفئة والتبريد وتكييف الهواء، برادات حفظ الطعام، وسائل النقل، المستشفيات، المصانع وأكثر الأعمال تتطلب الطاقة الكهربائية لكي تعمل. وفقدان هذه المرافق لفترات طويلة يؤدي إلى اضطراب قوي. إن أكثر محطات توليد الطاقة الكهربائية غير محمية باستثناء تلك التي تعمل بالطاقة النووية. يمكن تدميرها بالمتفجرات أوالحرائق أو بتخريب الأجزاء الرئيسية بوسائل ميكانيكية أو بواسطة رمايات بندقية قنص بعيدة المدى. ولكن يجب أخذ الحذر لكي لا يتخطى التدمير المتطلبات التكتيكية.

تولد الطاقة الكهربائية بواسطة مولدات تعمل إما بواسطة الفيول، الفحم الحجري، السدود المائية والطاقة النووية وبعضها يولد بواسطة الطاقة الشمسية، الهوائية، الحرارية ولكنها قليلة.

يتم مهاجمة محركات التوليد التي تعتبر من الأجهزة الغالية الثمن والمعقدة التصنيع والتي لا يمكن إصلاحها أو استبدالها بسرعة. كذلك بالنسبة لأنظمة توزيع الطاقة، المحطات الفرعية، المحولات، وأعمدة التحميل. يتم التدمير بقطع لفات المولدات والمحركات، بتفجير حشوة زنة ١٠٠٠ غرام من الـ T.N.T داخل الغلاف، أو يصب البنزين على المولدات ومن ثم إشعالها. يمكن عمل ماس باستخدام بودرة معدنية أو قشط عوازل الأسلاك.

يمكن رمي كابل طويل أو سلسلة مع أثقال عند الأطراف على الأسلاك بشكل يسمح بوصل سلك بآخر مما يؤدي إلى ماس في النظام.

ملاحظة: لا تستخدم أجهزة تفجير كهربائية بالقرب من محطات التوليد أو أعمدة الضغط العالي.

المحطات النفطية:

يعتبر البنزين، المازوت، الزيوت والغاز الطبيعي شديدة الحساسية للنار والمتفجرات.

تعتبر عملية تخريب *مصافي التكرير* من العمليات الضخمة التي تتطلب تخطيطاً دقيقاً. ويستعاض عن ذلك بوقف ضخ النفط الخام إلى هذه المصافي بتدمير آلات الضخ والأنابيب...

تصمم *أحواض تخزين* الوقود لمقاومة الصدمات العنيفة (إصطدام شاحنات)، لكنها سهلة التدمير بواسطة المواد الحارقة.. كما إن الخزانات المليئة بالوقود أو أية مواد أخرى قابلة للإشتعال تعتبر سهلة التمزق بواسطة حشوة داخلية شديدة الانفجار محسوبة وفق القاعدة التالية:

$$160\ g \rightarrow 1\ m^3$$

أو

$$16\ Kg \rightarrow 100\ m^3$$

حيث تقوم محتويات الخزان بمهمة الدكة وتكبر موجة الصدم.

أما الخزانات الفارغة فتدمر بواسطة حشوات قطع موضوعة عند قاعدة الخزان أو حول أنابيب التفريغ.

وتعتبر خطوط أنابيب النفط الأسهل للمهاجمة من أحواض التخزين ولكنها غير فعالة نظراً لسهولة إصلاحها. ويتم ذلك بالمتفجرات أو تفكيك الأنابيب. ويتم وضع الحشوات عند نقاط الاتصال، الصمامات، أو الزوايا. ولزيادة صعوبة عملية الإصلاح يتم تدمير الأنابيب الموجودة تحت الأرض أو الأماكن المرتفعة. كما يفضل تدمير الأنابيب عندما تكون تحت الضغط. فضغط المواد المنقولة عبر الأنابيب، يندمج مع طاقة موجة الانفجار ويسهل عملية التدمير.

مصادر المياه:

تعتبر مياه الشرب بدون شك أساسية لأي منطقة سكنية. فتخريب هذه المرافق يؤدي إلى ذعر شديد خلال ساعات. كما أن إزالة معدات التزويد بالمياه لمنطقة ما يعتبر من الأساليب الفعالة لإجبار قوة ما لترك هذه المنطقة. فمحطات التكرير والتنقية، أحواض التخزين، المضخات، المصافي، والأنابيب يمكن تدميرها بالمتفجرات. يمكن جعل المياه غير صالحة للشرب ولكن لهذا الأسلوب محاذير كثيرة. أما الخزانات الفارغة أو المعبأة بمواد غير قابلة للإشتعال تدمر بواسطة حشوات قطع موضوعة عند قاعدة الخزان أو حول أنابيب التفريغ.

السدود:

يمكن تدمير السدود الترابية الصغيرة بوضع حشوة حفر في السطح الداخلي تحت مستوى المياه. لا يقوم الماء بدور الدكة فقط، ولكن أيضاً يعزز الضرر أثناء تدفق المياه لتعبأة الفراغ الناتج بالتفجير. أما السدود الكبيرة الإسمنتية فهي مستحيلة التدمير بواسطة المتفجرات التقليدية.

يتم تعطيل فتحات التدفق والأجزاء الهيدروليكية بواسطة المتفجرات، مع العلم أنها تتطلب كميات كبيرة من المواد المتفجرة.

الآبـار:

يتم تدمير الآبار بحشوات خرق تفجر على عمق ٢–٤ م من حافة البئر وذلك لتأمين دكة جيدة. إذا كان الوقت لا يسمح للتحضير تفجر حشوة كبيرة في منتصف المسافة ومقابل جهة واحدة من البئر.

الخزانات:

تدمرالخزانات المعدنية بواسطة حشوات قطع موضوعة عند قاعدة الخزان أو حول أنابيب الضخ. أما الخزانات الخرسانية فتدمر بحشوات خرق تحسب وتوضع وفق متطلبات التدمير.

الأنابيب:

تدمر بنفس الطريقة التي تدمر بها أنابيب نقل النفط.

وسائل النقل:

الطائرات والمروحيات:

يتطلب الاستخدام الغير متقن للمتفجرات إلى كمية كبيرة لتدمير الطائرة وتحويلها إلى أنقاض. بينما الاستخدام المتقن يتطلب حشوات صغيرة لتدمير الأجزاء الحساسة. فحشوة زنة ٢ كلغ تدمر عمود المحرك، محور المراوح، والمحركات. وحشوة زنة ٥٠٠ غرام تدمر لوحات التحكم والالكترونيات، وأجزاء من المحرك، وتخرق خزانات الوقود.

الآليات: يتم تدمير أجزاء الآليات وفق الأولويات التالية:

الأولوية ١: الكربراتور، ديستربياتور، مضخة أو محقن الوقود، خزان وأنابيب الوقود.

الأولوية ٢: جهاز التبريد.

الأولوية ٣: العجلات، ما بين العجلات (اكس)، جهاز النوابض (أموسور).

الأولوية ٤: الأجهزة الميكانيكية والهيدروليكية.

الأولوية ٥: ديفرنسيال وعلبة النقل (الفيتاس).

الأولوية ٦: الهيكل.

السيارات والشاحنات: يمكن تدمير السيارات:

بوضع ٢ – ٣ كلغ أسفل المحرك بالقرب من مقصورة الركاب.

وضع حشوة زنة٤٠٠–٨٠٠غرام على محور العجلات ومفاصل المقود وعلبة تغيير السرعة

بوضع حشوة زنة ٥٠٠ غرام موضوعة تحت مقعد السائق وتفجر كهربائياً عن طريق نظام تشغيل السيارة هو الشكل الشائع لعمليات الإغتيال.

الدبابات: تدمر الدبابة عن طريق تدمير الأجزاء الحساسة فيها:

بوضع حشوة ٥ – ١٠ كلغ داخلها حيث توضع على المقود، البرج، آليات التحكم بالمدفع. ولزيادة حجم الضرر تفجر الذخيرة الموجودة داخل الدبابة، مع التأكيد على ضرورة اغلاق كل المنافذ باحكام (حجرة المدفع، كوة الأسلحة وأي فتحات أخرى).

بوضع حشوة زنة ٨٠٠ – ١٢٠٠غرام في منطقة الفصل بين البرج والجسم أو بين المدفع والبرج.

بوضع حشوة زنة ٤٠٠ – ٨٠٠ غرام لتدمير المحرك أو خزانات الوقود.

بوضع حشوة زنة ٢ كلغ على الجنازير.

- **اذا لم تتوفر المتفجرات، ولم يسمح الوقت بتجهيز الحشوات تدمر الآليات:**

بتفكيك الأجزاء الحيوية فيها وتحطيمها

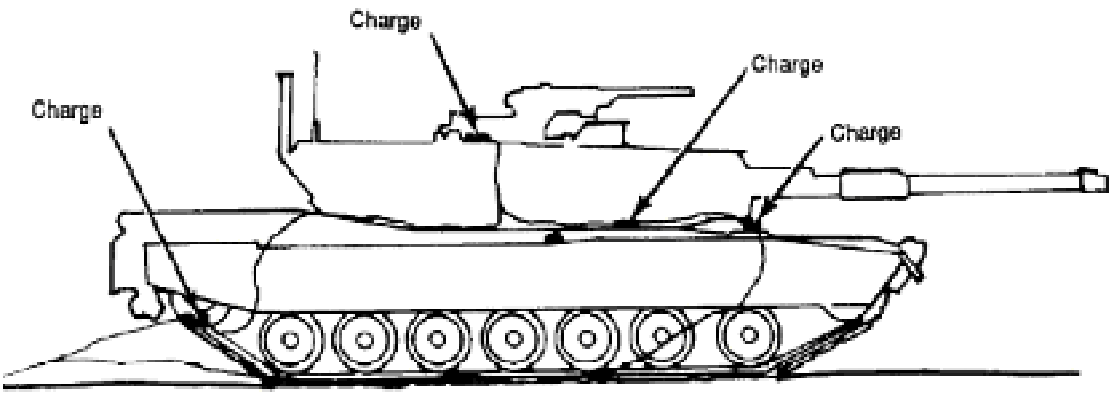
تفريغ الزيت من المحرك والماء من الرادياتور ويتم تشغيل المحرك الى أقصى حتى يتعطل.

إحراقها عن طريق إشعال الوقود في الخزان.

بتدمير المحرك بوضع تراب أو بودرة ألمنيوم في مكان الزيت.

تدمير عربات القتال المدرعة:

تدمر العربات المدرعة بوضع حشوة ١٢ كجم داخلها. توضع على المقود، البرج، تحكم بالمدفع. لزيادة حجم الضرر تفجر ذخيرة العربة بنفس الوقت الحشوات الأخرى، وتأكد من اغلاق كل المنافذ باحكام (حجرة المدفع، كوة الأسلحة وأي فتحات أخرى). اذا لم تستطع الدخول الى العربة ضع الحشوات تحت حاجب المدفع، مقابل حلقة البرج، وعلى النهائي . اذا لم تتوفر المتفجرات، تدمر العربات المدرعة وتستعمل الأسلحة م/د أو الحريق أو يدمر المدفع الرئيسي بذخيرته.



العربات المدولبة (عجلات):

❖ **طريقة المتفجرات:** تفجر العربة المدولبة بعد تعطيلها بشكل لا تصلح، بتحطيم الأجزاء الحيوية بمطرقة ثقيلة أو المتفجرات. استعمل حشوات ١ كجم من المتفجرات العالية الفعالية لتدمير، محور العجلات، والهيكل ...

❖ **الطريقة المرتجلة:** فرغ الزيت من المحرك ومادة التبريد وشغل المحرك الى أقصى حتى يتعطل. أنهي التدمير باشعال الآلية (أشعل الوقود في الخزان).

المدافع:

تدمر مواسير المدافع بالمتفجرات أو بذخيرتها، بالإضافة إلى إزالة أو تدمير الأجزاء الحيوية، مثل أجهزة التسديد وغيرها من الأجهزة.

يتم أولاً سد الفوهة بالتراب بعمق كاف كدكة. ثم توضع الحشوة المطلوبة في حجرة الاحتراق وتغلق إذا أمكن مع ترك فراغ كاف للفتيل الصاعق للمرور دون انحناء أو انقطاع. إذا سمح الوقت، توضع حشوة زنة ٨٠٠ – ١٢٠٠ غرام على عجلات المدافع المقطورة و تفجر في نفس الوقت مع الحشوة في غرفة الاحتراق.

$$P = \frac{D2}{636}$$

P = كمية المتفجرات بالباوند (أي متفجرات عالية الفعالية).

D = عيار الماسورة بالملم.

Table 3-11. Gun-destruction charge sizes

Serial	Barrel Size (Millimeters)	Charge Size (Pounds)
a	b	c
1	76	10
2	105	18
3	120	23
4	155	38
5	203	66

Note: Determine appropriate charge sizes for barrel sizes not listed by comparing them to known barrel sizes. For example, you would use the explosive weight in Serial 3 for a 112-mm barrel (23 pounds); Serial 4 for a 152-mm barrel (38 pounds).

إذا لم تتوفر المتفجرات، يدمر المدفع بذخيرته. حيث توضع قذيفة عند فوهة المدفع وأخرى في حجرة النار. ويتم أطلاق القذيفة التي في حجرة النار، مع أخذ مسافة الأمان والاحتماء تحت غطاء قبل الاطلاق.

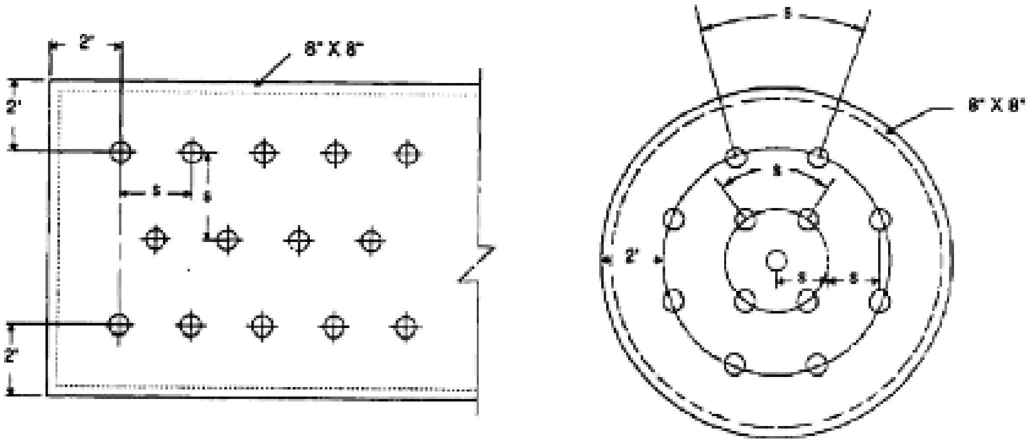
مواقع القتال والحماية:

❖ في كثير من الظروف، يخفف استعمال المتفجرات من وقت ومجهود الحفر. تستعمل المتفجرات في الأراضي التي يمكن أن تحفر بشكل طبيعي بالمخل (المعول) أو الرفش. لا يوصى باستعمال المتفجرات لحفر أقل من عمق ٢ قدم تستخدم حشوات مطمورة (مدفونة) ومتباعدة مسافة فقط كافية لتفكيك التربة تحصر انتشار التربة على أقل مساحة ممكنة.

❖ تستطيع المتفجرات إنشاء مواقع القتال الفردية والجماعية، مواقع الأسلحة والمدفعية، مواقع الآليات. استعمال المتفجرات بهذا الأسلوب يتطلب بعض التحضيرات المسبقة. ففي حالة موقع القتال الفردي يتجاوز وقت التحضير الوقت المطلوب لتحضير الموقع بالطرق التقليدية.

❖ **العمق:** ضع الحشوة على عمق ١-٤ قدم حسب العمق المطلوب. إذا كان العمق المطلوب أكبر من ٥ قدم، احفر الموقع على مرحلتين، اقسم العمق على النصف لكل مرحلة. تنشأ الآبار بآلات الحفر، عارضة من الخراب، وتد توجيه السيارات، أو أي وسيلة أخرى مناسبة.

❖ **التباعد:** الحفرة المستطيلة، أحفر الآبار في خطوط متداخلة (شطرنجي) للحفر الدائرية، أحفر الآبار ضمن حلقات متداخلة ذات مركز واحد. المسافة بين الآبار في كل خط أو حلقة أو بين الخطوط أو الحلقات تكون بين ١-١١,٥ مرة عمق البئر. اضمن كل الحشوات على مسافة ٢ قدم على الأقل داخل محيط الحفرة المطلوبة. أيضاً، احفر قناة ٨ × ٨ إنش حول المحيط الخارجي للحفرة المطلوبة، مع المسافة الخارجية للقناة تتشكل الحافة الخارجية للحفرة النهائية. (صورة ٣-٢٥) توضح تصميمات للحفر المستطيلة والدائرية.



❖ **حجم الحشوة وقياسها:** استعمل حشوات ¼ باوند من المتفجرات البلاستيكية لحفر حفرة المناوش (حفرة يتقي بها الجندي نار العدو) للحفر الواسعة، استعمل حشوات بين ½ - ١½ باوند، تتعلق بالمساحة المطلوبة وخصائص الأرض التربة. طلقة الفحص غالباً ما تكون مهمة لتحديد حجم الحشوة الصحيح.

❖ **الستر:** يقلل ضجيج الانفجار وتبعثر الخراب يترك أي طبقة عليا من التربة (المشتملة على العشب وجذوره) في مكانها ويغطي الموقع بحصير النسف. يمكن ارتجال حصيرة نسف يربط الاطارات المطاطية مع بعضها بواسطة حبال طبيعية او اصطناعية (لا يستعمل أسلاك معدنية) او باستعمال قماش مشمع كثيف (التروبولين).

تدمير المعدات:

تحذير : - حشوات قطع الحديد تولد شظايا معدنية.

- يجب أخذ الاحتياطات المناسبة للحماية الشخصية.

المدافع:

تدمر مواسير المدافع بالمتفجرات أو ذخيرته أيضاً تأكد من إزالة أو تدمير الأجزاء الصغيرة، مثل أجهزة التسديد وغيرها من الأجهزة.

❖ **لتحضير المدفع للتدمير**،أولاً أغلق (سد) الماسورة من الأعلى للمدفعية صغيرة العيار التي تستعمل ذخائر مدموجة القذيفة - وقود الدفع، دك بإحكام الستر الأول من الماسورة بالتراب.

❖ **حجم الحشوة:** يفصل حجم الحشوة المطلوبة لحجم المواسير النموذجية.

يتم معرفة حجم الحشوة المطلوبة باستعمال المعادلة التالية.

$$P = \frac{D2}{636}$$

P = كمية المتفجرات بالباوند (أي متفجرات عالية الفعالية).

D = عيار الماسورة بالملم.

❖ **الموضع:** تعلب المتفجرات (يفضل C4) في موضع التفجير، مباشرة خلف الدكة. توضع المتفجرات البلاستيكية على تماس مباشر مع الغرفة أغلق حجرة التفجير إذا أمكن. مع ترك فراغ (حيز) كاف للفتيل الصاعق للمرور دون انحناء أو انقطاع إذا سمح الوقت، ضع حشوة ١٥ باوند على عجلات المدافع المقطورة ووصل خطوط التفريعات في صندوق وصل او استعمل حلقة الوصل. تفجر الحشوات في زمن واحد.

❖ **راجع الجدول السابق في تفجير المدافع بعد الحديث عن الدبابات**

❖ **طريقة مرتجلة:** اذا لم تتوفر ألواح المتفجرات، يدمر المدفع بذخيرته. ضع قذيفة عند فوهة المدفع وأخرى في حجرة النار. أطلق القذيفة في حجرة النار مع أخذ مسافة الأمان. والاحتماء تحت غطاء قبل الاطلاق.

هام جدا //// تدمير المبـانـي:

هذه الطرق ليست دقيقة في عمليات التفجير المدنية عندما يكون المطلوب عدم إحداث الضرر بالمنشآت المجاورة. ولكن الهدف من هذه الطرق هو إسقاط المبنى بالسرعة والفعالية الممكنة.

المباني الحجرية أو الإسمنتية: يتم تدميرها بوضع حشوات خرق خارجية داخل المبنى.

المباني الخشبية أو ذات الجدران الرقيقة: تدمر بواسطة النار. أو عن طريق إغلاق كل الأبواب والنوافذ وتفجير الطابق الأرضي بحشوة مركزة (حشوة ارتجاجية).

$$100 - 150\ g \quad \rightarrow \quad 1\ m^3$$

الحشوة الارتجاجية: تتألف من حشوة متفجرة (بودرة TNT أو C4) خليط حارق (جزئين بودرة ألمنيوم أو مغنيزيوم + ٣ أجزاء من أوكسيد الحديد). ومادة عضوية شديدة النعومة (غبار) أو وقود متبخر مثل البنزين يسمى بالطوق.

٥٠٠ غرام متفجرات

٥٠٠ غرام مادة حارقة

٢٠ كلغ بنزين (مادة محيطة)

عند الانفجار تتوزع المادة المحيطة وتختلط في هواء داخل الهدف وتشعل بواسطة المادة الحارقة.

المباني ذات الهيكل المعدني: يتم أولاً تدمير الإسمنت أو الحجارة عند الضرورة لإظهار الأجزاء المعدنية الرئيسية ومن ثم قطعها بواسطة حشوات قطع. وهناك طريقة أخرى وذلك بتعريض المبنى من الداخل إلى حرارة عالية (٥٠٠ درجة مئوية لمدة ١٠ دقائق)، مما يؤدي إلى تداعي الهيكل المعدني.

المباني ذات العوارض الإسمنتية والجدران الساترة: وهي عبارة عن مبان تعتمد على الأعمدة والعوارض الإسمنتية المسلحة لحمل الثقل. ويتم تدميرها بوضع حشوات خرق داخل المبنى عند قاعدة الجدار الخارجي وعند قاعدة كل الأعمدة الوسطية في الطابق الأرضي.

المـلاجئ: تدمر الملاجئ تحت الأرض، النصف مدفونة، أو فوق الأرض بخرق السقف أو قطع الأجزاء الإنشائية التي تدعم السقف. الجدران عادة تكون سميكة جداً ومسلحة بشكل يكون الخرق غير فعال.

تطبيق عملي

حساب كميات المتفجرات اللازمة لتفجير مبنى من اسفله بواسطة نفق ارضي

ملاحظات فنية عامة ننبه لها ابتداءا :

- نؤكد على ربط الأسلاك ببعضها عن طريق عقدها عند توصيلها قبل القيام بعزلها باللاصق وكذلك تثبيت الصواعق بالعبوة حتى لا تخرج من موضعها اذا تعثر احد المجاهدين بالاسلاك .
- نؤكد على وضع مثل هذه العبوات بشكل مجمع ومتراص على شكل مكعب وتكون واقفة أغطيتها لأعلى وتوضع الصواعق من الأسفل باتجاه الأعلى حيث ان الهدف اعلاها و نحتاج الى توجيه الموجة باتجاه الهدف، إذا كانت العبوة نترات يجب أن نضع قالبين من TNT او بيروكسيد الاسيتون او بديل مناسب من الأسفل باتجاه الأعلى طوليا ولو لم تتوفر مادة ال TNT نعمد لوضع نترات مطحونة وناعمة تماما على شكل إسطوانة في وسط البرميل داخل كيس نايلون رقيق مثلا و يوضع الصاعق داخل المطحون حيث انه اكثر حساسية و استجابة للصاعق لضمان التفجير ، وينصح في كل الحالات وضع صاعقين على التوازي على الأقل في كل برميل زنة اكثر من ١٠ كغم، ويجب مراعاة شروط استخدام الخلائط من الاملاح المتفجرة (الجفاف التجانس ، الخلط الممتاز ، الطحن و التنعيم ، الحشوة المساعدة ، المحرض القوي ، سلسلة التفجير ، الحصر ، التجميع)
- وفي حال كانت العبوة غير محصورة في داخل جوانب النفق و تحت التراب فيجب أن تشد بمشدات المعدن التي تشد بها صناديق الشحن .
- يتم عمل الحصر المناسب بتنفيذ بحفر تجويف في نهاية النفق في المكان الذي تم اختياره على شكل غرفة صغيرة و يتم ترتيب البراميل داخلها متراصة و فوق بعضها و بشكل منظم مع الانتباه الكامل للاسلاك و التمديدات الكهربية و يتم فحص الدارة بشكل امن تماما في كل مرحلة و لكل برميل و بدون ملل او تواكل لضمان عدم حصول قطع او فشل في اي جزء ..
- و بعد انتهاء كامل الترتيب يتم اغلاق خلف هذه البراميل بأكياس الرمل لكامل ارتفاع الفتحة و بعمق لا يقل عن خمسة صفوف من الاكياس و الحجارة و نواتج الحفر السابقة اذا وجدت من الانتباه دوما للاسلاك و التي يتم رفعها و تعليقها في سقف النفق او على الجدار او فرش شادر فوقها في منطقة الحصر

كيفية حساب كمية المادة:

كما مر اعلاه... لا بد بداية ان نحلل الحالة الفنية التي نواجهها لنستخدم القانون الافضل و من ثم لنحسب بشكل صحيح ، فما هي حالتنا

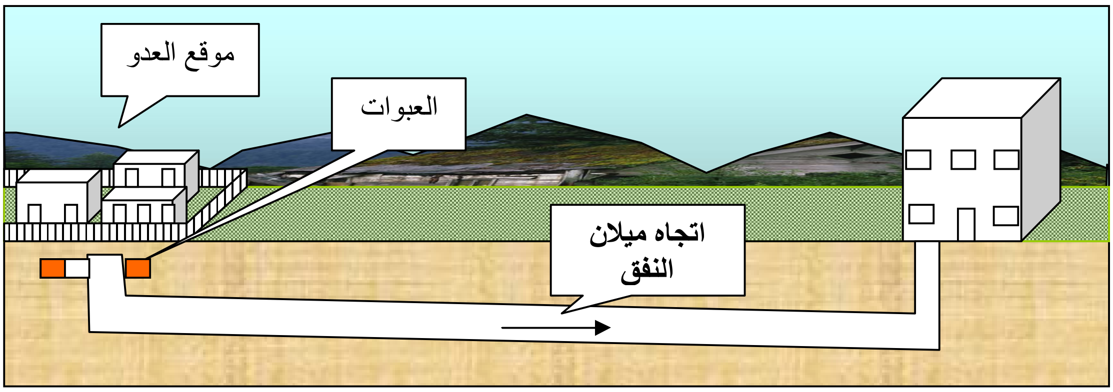
هل حالتنا هي: العبوة الصدمية باعتبار العبوة ملامسة للهدف،و ان سماكة جدار الهدف هو مسافة مكافئة لعمق التربة اضافة لسماكة جدار المبنى و التي تحسب بضرب (حجم الهدف× ٠,٣٥ × مربع شعاع التدمير و هو المسافة المكافئة-س٢-) ليعطينا كمية المادة المتفجرة بTNT،٠٠ وعلى اعتبار ان العبوة في ملاصقة للهدف فان (المسافة المكافئة لسمك جدار المبنى و التي سوف تدخل في الحساب = نصف عمق التربة باعتبار ان معامل قساوة التربة يساوي نصف معامل قساوة الخرسانة+سماكة جدار المبنى)، وحيث أننا نستخدم النترات وقدرتها = ٠,٥ قدرة الTNT فإننا نضرب في إثنين وبهذا نكون قد حصلنا على الكمية المثالية لتدمير المبنى وعندما نضيف لهذه العبوة الحصر الذي هي فيه تزيد قدرتها بنسبة أعلى ،و ينبغي أن نذكر هنا أن النترات تخرج غازات أكبر من الTNT ولذلك كلما حصرت جيدا تضاعفت قدرتها وسرعتها وبالتالي فاعليتها و لذلك هي مناسبة جدا في عمليات الحفر و التدمير من الداخل.

٢- **ام هل حالتنا هي: العبوة المركزة وهي حساب حجم الحفرة الذي تحدثه عبوة متفجرة مدفونة** ونأخذ هنا شكل العبوة المركز

الحشوة المركزة بالكيلو جرام = ٣٥ x ثابت قساوة الأرض x (عمق الحفرة)٣

(ثابت قساوة الأرض : الطينية المتماسكة ٠,٨ الحجرية ١,٣ الإسمنتية ١,٥)

و بالتالي نعتبر ان عبوتنا مركزة و مدفونة تحت سطح الارض و مطلوب ازالة كمية التربة فوقها و التي تمثل التربة و مباني العدو اي ان(العمق يساوي مجموع ارتفاع مبنى العدو+ عمق العبوة اسفل المبنى) ... من الطبيعي أن حجم الحفرة في العبوة المحصورة يتضاعف على الأقل ضعف ونصف إلى ضعفين .



٣- ام ان حالتنا هي:تدمير جدار يمثل التربة الفاصلة اسفل الهدف بعبوة محصورة حسب القانون:

كمية المتفجرات=١٦ ×ر٣×ك×س   حيث يؤخذ معامل مادة الهدف = متوسط معامل التربة و الابنية العادية الخرسانية، و شعاع التدمير =نصف عرض الهدف تقريبا

كما هو معروف فان حساب الكمية المطلوبة يعتمد على مجموعة من العوامل مثل:

١- نوع الهدف وصلابة الهدف : هنالك عامل يستخدم للتعبير عن نوع مادة الهدف

٢- حجم وشكل الهدف .

٣- نوع وشكل التدمير المطلوب : خرق ، قطع ، جزئي ، كلي ..

٤- نوع المادة المتفجرة المستخدمة : تقاس إلى مادة الـ TNT والتي تعتبر تساوي معامل

مادة الـ TNT ⇐ ١

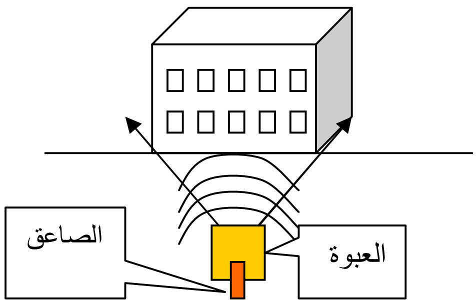
مادة الـ C4 ⇐ ١,٤ وهكذا ....

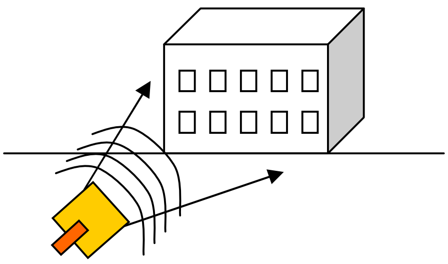
٥- حجم وشكل العبوة : طولية أم مركزة او مجموعة عبوات مركزة موزعة أسفل الهدف الواسع.

٦- طريقة وضع الحشوة : هل هي اسفل الهدف أم داخل الهدف ، ملاصقة للهدف ، بعيدة عن الهدف ، .

٧- حصر ودك الحشوة : كلما حصل هنالك سدّ قوي في اتجاه انتشار الموجة الانفجارية في الاتجاهات الثانوية كلما كان قوة التأثير في الاتجاه الرئيسي اكبر ونستفيد من خاصية انعكاس وارتداد الموجة الانفجارية وفي حالتنا تعتبر أكياس الرمل والججارة التي نغلق بها فتحة النفق خلف المتفجرات وسيلة مناسبة كما سبق شرحه .

٨- موضع واتجاه الصعق : يجب جعل اتجاه الصعق وانتشار الموجه الانفجارية عمودية على اتجاه الهدف و باتجاهه كما في الشكل ..





ولذا يجب زراعة الصاعق في أسفل البراميل وتوضع البراميل فوق بعضها أسفل الهدف تماما وبشكل متلاصق تماما أما إذا كان الهدف جانبي .. فتوضع الحشوة كما في الشكل المجاور مائلة باتجاه الهدف لتحقيق نفس القاعدة السابقة .

أقوى الأوضاع هو وضع العبوة داخل الهدف وبالتالي نستفيد من صدمة الموجه الانفجارية في جميع الاتجاهات .

حساب كمية المتفجرات المطلوبة:

لأهمية الموضوع سنفصل بعض الشيء .

١_**الحالة الأولى**: الفكرة هنا من التفجير هي لتفريغ كمية مناسب من الأرض أسفل مباني العدو وبالتالي هذه الفكرة تختلف عن فكرة تدمير المبنى بزراعة الحشوة داخله مثلا أو ملاصقة له ، أو ملاصقة لأعمدته الحاملة للمبنى أو بينها ، وبالطبع نستفيد كذلك من تحطيم أجزاء المبنى وأساساته القريب من سطح الأرض .

القانون :

وزن الحشوة = ن كجم = ١٦ × ط × ل × (ر) ٣

حيث أن : ن = وزن الحشوة كغم .

ط = معامل نوع مادة الهدف وهي للتربة بأنواعها المختلفة = (٠,١)-(٠,٣)للأبنية العادية .

ل = معامل وضع الحشوة وهي هنا مدفونة ومحصورة داخل الأرض = (١ – ٠,٨)

ر = نصف قطر الموجة = البعد من الحشوة وحتى طرف المبنى البعيد على سطح الأرض .

مثال للتطبيق في جميع الحالات:

مبنى رئيسي للعدو مساحته ٢٠م ×٢٠ م و ارتفاعه ٤متر و حوله نقاط حراسة و كرفانات ، تم تنفيذ نفق تحته بحيث كانت نهايته في منتصفه اسفل الارض، حيث مكان وضع الحشوة على بعد تقريبي ٢م أسفل سطح الأرض و ارضية المبنى. **احسب وزن العبوة اللازمة وشكل وضعها وهل يفضل أن تكون حشوة واحدة أم عدة حشوات ؟**

الحل :

الحالة الاولى: بما أن عرض المبنى ٢٠م ، فيفضل توزيع الحشوة إلى ثلاثة أجزاء في المنتصف وفي الطرفين (ر= بعد الحشوة الجانبية عن حافة المبنى= ٥م تقريبا كما في الشكل) اعتبرنا بان الموجة الانفجارية للثلاث حشوات سوف تغطي كامل عرض المبنى أي أن قطر الموجة التدميري= ١٠م (٥ متر من كل جانب) وكل حشوة موكلة بتدمير الجزء المقابل لها.

ط = ٠,٢ (متوسط معامل التربة و المباني العادية) .

ن = ١٦× ط × ل × (ر)٣

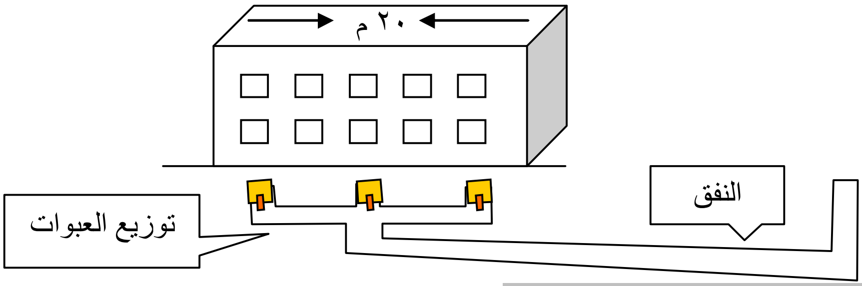
= ١٦× ٠,٢× ٠,٨ × (٥)٣

= ١٦× ٠,٢ × ٠,٨ × ١٢٥

= ٣٢٠ كجم من مادة الـTNT ولأننا نستخدم مادة نترات الأمونيوم وقوتها = ٠,٤٢ = ٠,٥ .

إذا وزن الحشوة = ٣٢٠× ٢ = ٦٥٠ كجم من مادة نترات الأمونيوم .

وزن كل حشوة من الحشوات الثلاثة والتي سوف تعمل على تفريغ كامل المنطقة أسفل المبنى من التراب مع العمل على نفاذ الموجة الانفجارية داخل المبنى وتحطيمه وانهياره على من فيه .



٢- الحالة الثانية(تقريبية و سريعة) نعتبر باننا نريد حفر و تفريغ كمية من التربة موجودة فوق العبوة و اسفل المبنى مما يؤدي الى انهيار المبنى

لحفر الخنادق نعتمد لكل ١م^{٣} من الأرض كمية = ٢كجم من الـ TNT في المتوسط، و بذلك تكون الكمية المطلوبة = مسطح المبنى × ٢كجم .

= (٢٠ م × ٢٠ م) × ٢ كجم = ٨٠٠ كغم TNT

= ٨٠٠ × ٢ = ١٦٠٠ كغم نترات أمونيوم يفضل توزيعها في عدة حشوات ما أمكن تحت المبنى .

٣-الحالة الثالثة: نعتبر اننا نريد احداث حفرة بعبوة مركزة مدفونة اسفل المبنى ..

و بتطبيق المثال السابق

كمية المتفجرات =٣٥×ك×عمق العبوة ٣

= ٣٥×١× ٢ تكعيب =٣٥ ×٨=٢٨٠ كجم TNT٥٦٠ كغم نترات وزن العبوة الواحدة

و نستخدم عبوات ثلاثة كما في الشكل اعلاه

٤- **الحالة الرابعة:** نعتبر اننا نريد تدمير المبنى بعبوة صدمية كما سبق شرحه

سمك الجدار المكافيء=٢متر عمق العبوة÷٢ + ٠,٢ =١,٢ متر

الحجم=٢٠×٢٠×٤=١٦٠٠ م٣

الكمية اللازمة=٠,٣٥×(١,٢×١,٢)×١٦٠٠=٨٠٠ كجم TNT=١٦٠٠ كجم نترات

الخلاصة: بدراسة الحالات الأربعة السابقة نجد بأن الحالات متقاربة تقريبا رغم انها معادلات تجريبية تقريبية كما اننا اجرينا مجموعة من الافتراضات النظرية لتسهيل الحل مما يجعل هنالك فروق ما

نأخذ الرقم الاكبر احتياطا .. فنجد بان الحالة الأولى (١٦×ط×ل×ر٣) هي الأنسب للاستخدام في هذه الحالة.و الله اعلم

تكتيك عمليات خرق العوائق

تواجه الوحدات المهاجمة للمواقع المعادية أو عند تخطيها لخطوط التماس عوائق من الأسلاك الشائكة وحقول الألغام. وتغطى هذه العوائق برمايات معادية من مراكز قتالية في الجهة المقابلة لها.

١- يتقدم قائد الفصيل، عامل اللاسلكي، حتى يتصل مع قائد مجموعة الطليعة.

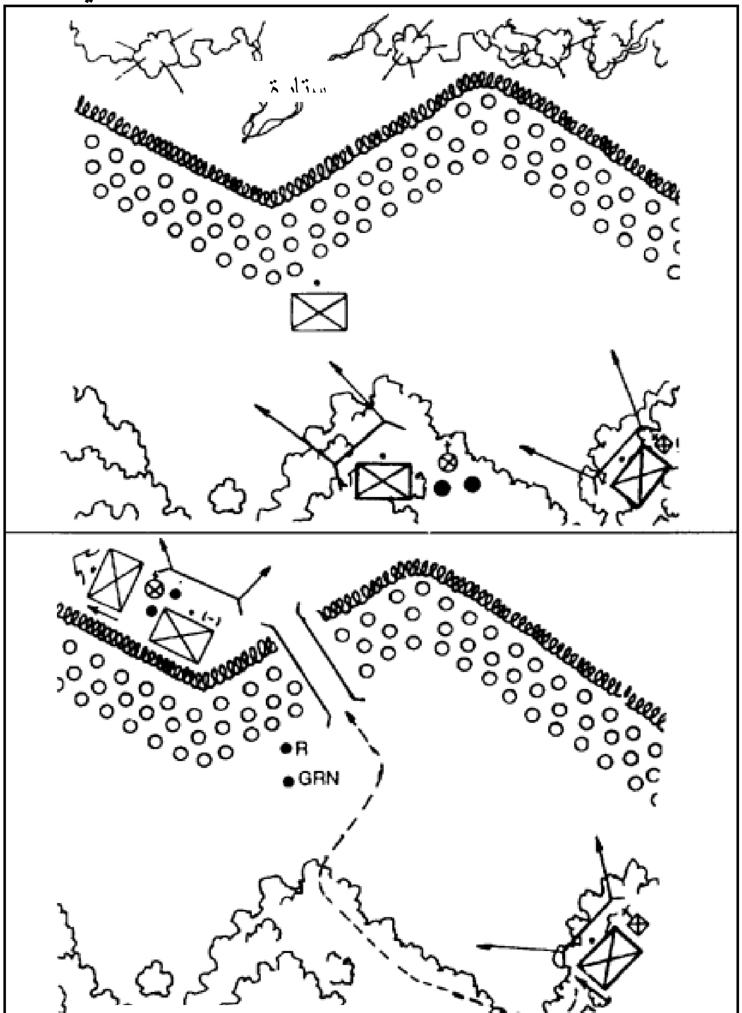
٢- يحدد القائد ما إذا كان يستطيع المناورة بتحديد:

أ. مراكز العدو والعوائق المغطاة بالنار.

ب. حجم القوة المعادية المشتبكة مع المجموعة (عدد العناصر، وجود آليات، استخدام الرمايات الغير مباشرة دليل على قوة العدو..).

ج. نقطة الخرق.

د. مسلك مغطى ومحجوب إلى نقطة الخرق.



عمل الفصيل في عملية الخرق

هـ. مركز مساندة نارية لتعزيز المجموعة بالمدافع الرشاشة.

٣- يعين قائد الفصيل مجموعة مساندة بعيدة تقوم بمساندة تحرك المجموعات الأخرى إلى نقطة الخرق. فيختار مركز المساندة النارية، المسلك إليه، مراكز العدو لإسكاته، نقطة الخرق، والمسلك إلى نقطة الخرق. كما يعطي أيضاً أوامر رفع وتبديل الرمايات. تكون هذه المجموعة بإمرة نائب قائد الفصيل.

٤- يعين قائد الفصيل مجموعة خرق، والمجموعة اقتحام. يمكن لمجموعة الاقتحام إضافة رماياتها إلى رمايات عنصر المساندة البعيدة. تتبع مسلك مغطى ومحجوب مع مجموعة الخرق وتقتحم مباشرة بعد عملية فتح الثغرة.

٥- على إشارة قائد الفصيل، تقوم مجموعة المساندة البعيدة:

أ-بتدمير أو إسكات أسلحة العدو الرئيسة أولاً .

ب- إعماء مراكز العدو بالدخان.

٦- يعين قائد الفصيل نقطة الخرق ويقود مجموعة الخرق والاقتحام على طول المسلك المغطى والمحجوب إليها.

٧- يطلب الراصد الأمامي ويضبط الرمايات الغير مباشرة الموجهة من قبل قائد الفصيل.

٨- تنفذ مجموعة الخرق الأعمال اللازمة لفتح الثغرة في العائق:

أ. يأمر قائد المجموعة زمرة واحدة لمساندة تحرك الزمرة الأخرى إلى نقطة الخرق. (مساندة قريبة)

ب. يحدد قائد المجموعة نقطة الخرق.

ج. يتابع عنصر المساندة البعيدة تأمين رمايات إسكات وعزل نقطة الهدف.

د. **تتحرك زمرة الخرق مع قائد المجموعة إلى نقطة الخرق مستخدمة مسلكاً مغطى ومحجوب:**

١- تستخدم القنابل الدخانية لحجب نقطة الخرق. يبدل عنصر المساندة الرمايات المباشرة بعيداً عن الخرق ويتابع إسكات المراكز المعادية الرئيسة. يرفع الراصد الأمامي الرمايات الغير مباشرة أو يبدلها إلى ما وراء العائق.

٢- يتموضع قائد زمرة الخرق وجندي عند أحد مجنبات نقطة الخرق لتأمين حيطة قريبة.

٣- يسير عنصر الهندسة وجندي من زمرة الخرق بحثاً عن الألغام وقطع الأسلاك العائق، تعليم الممر. (يفضل استعمال البنغالور).

٤- حالما تفتح الثغرة، تتحرك زمرة الخرق إلى الجهة المقابلة للعائق ويأخذ مراكز مغطاة ومحجوبة. يشير قائد الزمرة إلى قائد المجموعة عندما يصبح في مكانه وجاهز للمساندة.

هـ. يشير قائد المجموعة إلى قائد زمرة المساندة القريبة ليحرك زمرته ويعبر الثغرة. ثم يتحرك عبر الثغرة ويجمع زمرة الخرق، ويترك رامي القنابل وجندي من زمرة المساندة عند مدخل الثغرة لإرشاد باقي الفصيل.

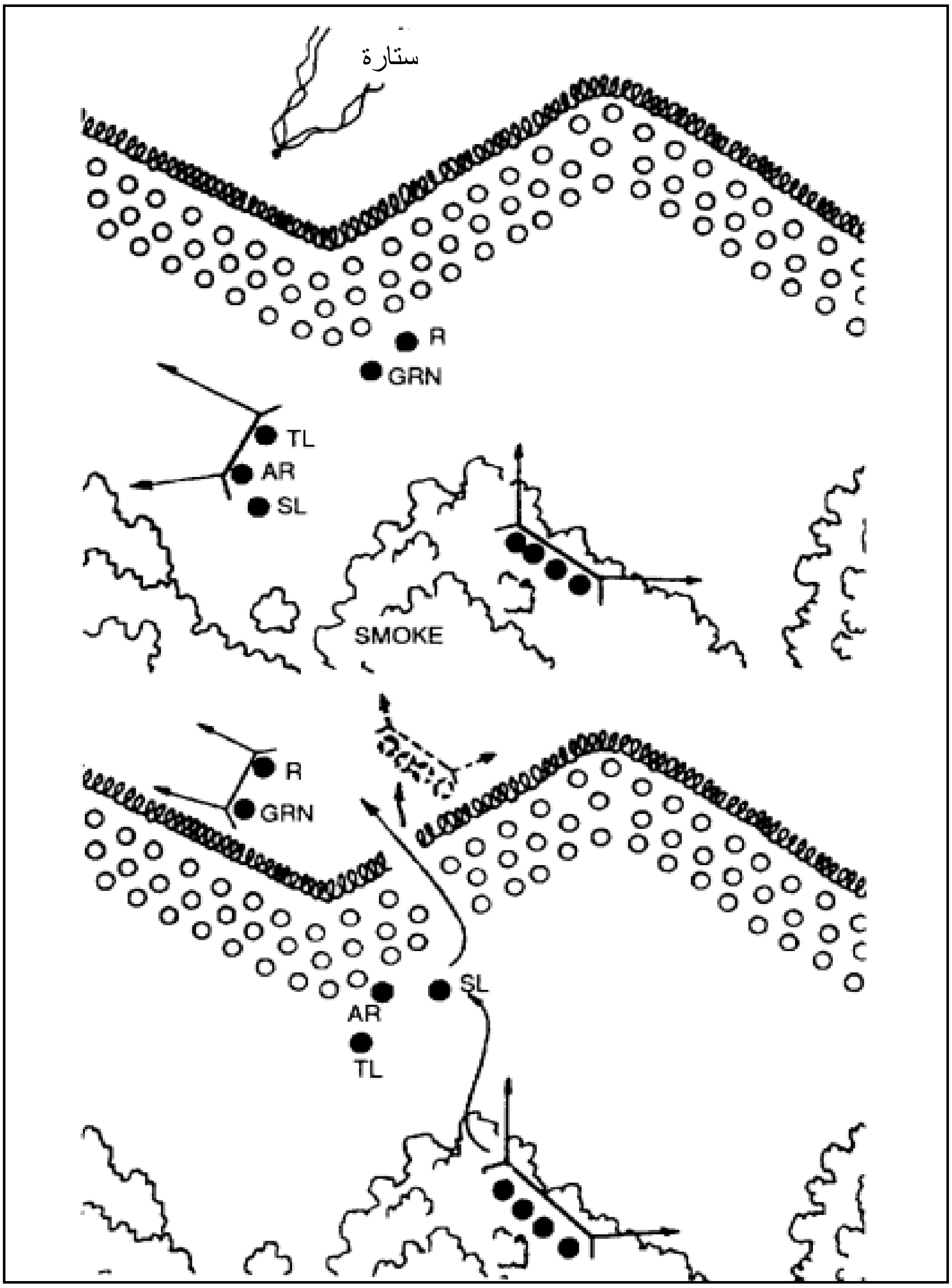
و. تتحرك زمرة المساندة القريبة عبر الثغرة مستخدمة نفس المسلك الذي استخدمته زمرة الخرق. وتأخذ مراكز مغطاة ومحجوبة في الجهة المقابلة.

ز. يفيد قائد المجموعة إلى قائد الفصيل ويتثبت عند الضرورة.

٩- يقود قائد الفصيل مجموعة الاقتحام عبر الثغرة ويتموضع خلف الثغرة لمساندة تحرك باقي الفصيل أو يطبق على مركز العدو الذي يغطي الحاجز.

١٠- يفيد قائد الفصيل بالوضع إلى قيادة السرية ويأمر عنصر المساندة بالتقدم وعبور الثغرة. يترك قائد الفصيل مرشدين لإرشاد السرية عند نقطة الثغرة.

١١- تستغل السرية نجاح الفصيل بفتح الثغرة وتتابع الانقضاض على مراكز العدو.



عمل المجموعة في عملية الخرق

ويتموضع خلف الثغرة لمساندة تحرك باقي الفصيل أو يطبق على مركز العدو الذي يغطي الحاجز.

معادلات رياضية يستفاد منها في معادلات النسف والتخريب .

الأطوال :

القياس المتري :

1 km = 1000 m

1 m = 100 cm = 1000 mm

1 cm = 10 mm

قيـاس الانـش :

YARD = 3 FT

1 FT = 12 INCH

يقسم الأنش إلى ثمانية أقسام

التحويل بين المقياسين :

1 INCH = 2.54 CM
1 FT = 30.5 CM
1 YARD = 91.5 CM

الأوزان :

١بوند = ٤٥٣ غرام = ٠,٤٥٣ كجم.

١ كجم= ٢,٢ بوند.

حساب المساحات :

وحدة قياس المساحة الطول المربع .

مثلاً : سنتم٢ هي عبارة عن مسطح مربع الشكل طول ضلعه 1 cm.

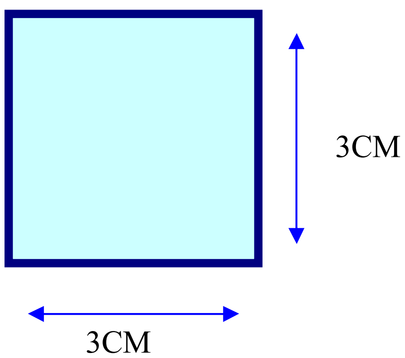
عندما نقول أن مساحة هذا المسطح ١٠سنتم٢ هذا يعني أنه يمكننا وضع عشر قطع مربعة مساحة الواحدة ١سنتم٢ .

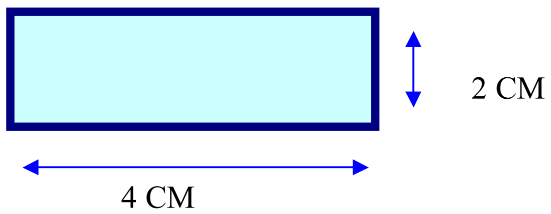
المربع

مساحة المربع = طول الضلع × طول الضلع .

مثال : مربع يبلغ ضلعه ٣سنتم . ما هي مساحته .

الحل : مساحته = ٣سنتم × ٣سنتم = ٩سنتم٢ .





المستطيل

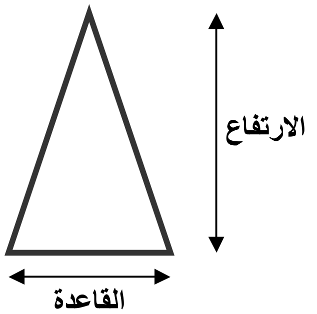
مساحة المستطيل تساوي الطول × العرض .

مثال : مستطيل طوله ٤ سنتم وعرضه ٢ سنتم .

الحل : المساحة = ٤ سنتم × ٢ سنتم = ٨ سنتم٢

المثلث :

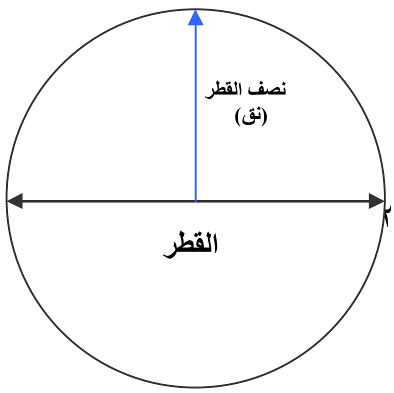
مساحة المثلث := $\frac{\text{القاعدة × الارتفاع}}{٢}$



مثال : مثلث قاعدته ٥ سنتم وارتفاعه ٣ سنتم .

المساحة = $\frac{\text{٣ سنتم × ٥ سنتم}}{٢}$ = $\frac{\text{١٥ سنتم٢}}{٢}$ = ٧,٥ سنتم٢ .

الدائرة :



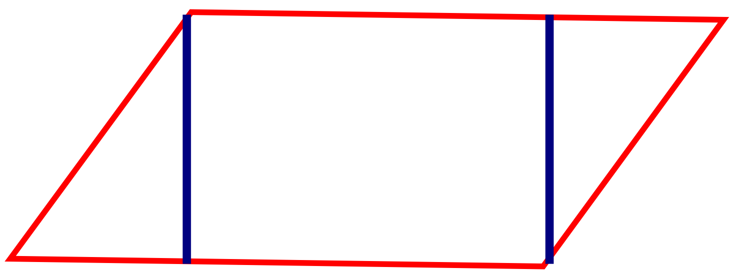
مساحة الدائرة = ط × نق × نق حيث (ط = ٣,١٤) .

مثال : دائرة قطرها ٦ سنتم .

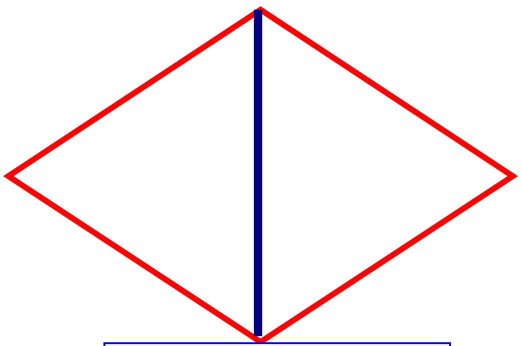
الحل : المساحة = ٣,١٤ × ٣ سنتم × ٣ سنتم = ٢٨,٣ سنتم٢

محيط الدائرة = ٢ × ط × نق .

مساحة الأشكال الأخرى يتم حسابها من خلال تقسيمها إلى مثلثات ومستطيلات. مثلاً :



متوازي الاضلاع تم تقسيمه الى مستطيل و مثلثين



شكل معين تم تقسيمه الى ثلثين

الأحجـــام :

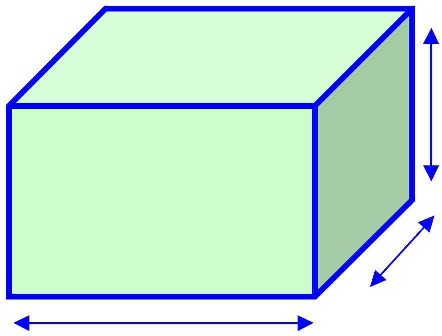
المكعـب :

وحدة قياس الحجم هي الطول المكعب .

١ سنتم٣ عبارة عن مكعب صغير طول ضلعه ١ سنتم .

عندما نقول أن حجم صندوق هو ١٠ سنتم٣ هذا يعني أن هذا الصندوق يتسع لعشر مكعبات (١ سنتم٣) اذا رتبت بشكل لا يبقى أي فراغ .

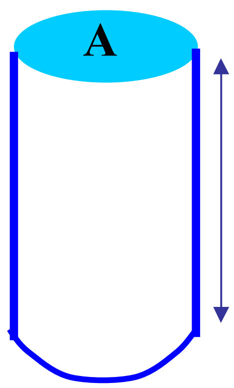
حجم المكعب = الضلع × الضلع × الضلع .



الكرة :

حجم الكرة= (٤÷٣)×ط× نق× نق × نق

$V=(4/3)\Pi R^3$



الأسطواني :

حجم الأسطوانة= مساحة المقطع× الارتفاع

$V=A \times H$

الكثافة :

بواسطة الكثافة يمكننا حساب وزن الأشياء بعد حساب حجمها حيث أن الوزن= الكثافة×الحجم

ما يلي كثافات بعض المواد:

المادة	الماء	الحديد	النحاس	الألمنيوم	المواد المتفجرة
الكثافة (غ/سم٣)	١	٨	٨	٢,٥	١,٥

الشراك الخداعية

تعريف :

هي عبارة عن افخاخ تنصب بطريقة ماكرة لاقتناص افراد العدو او آلياته .

الهدف من التشريك :

قد يكون للتشريك اهداف أكثر من التي سنذكرها وسنتعرف على اهداف التشريك من خلال الدروس التالية لكن اهم هذه الاهداف هي:

أ . خفض الروح المعنوية لدى العدو .

ب . الحد من حرية الحركة عند العدو وإبطاء تقدمه .

ج . الحاق الخسائر البشرية والمادية بالعدو .

تتمثل هذه الاهداف في ان الاشراك الخداعية تخلق في اذهان افراد العدو جوا من القلق والشك والاحباط مما ينقص روحه المعنوية ، وهذا من شأنه ان يجعل العدو يتحسس موطأ قدمه عشرات المرات قبل ان ينقل قدمه من مكان لآخر او يتنقل بآلياته من منطقة الى اخرى وهذا الامر يقلل من حركته ويجبره على السير بحذر كي لا يقع في الاشراك التي تلحق الموت او الجرح البليغ لكل من يقع فيها سواءً اكان من الافراد او من الآليات او في العراء او بين الاشجار او في الشوارع وداخل الممرات.

التخطيط والتكتيك :

الأشراك الخداعية سلاح نفسي، إنه يؤدي إلى فرض الحذر على تحركات العدو ويبطئ حركته ويلحق به الخسائر. يستحسن عدم إضاعة الوقت في ابتكار وسائل تشريك معقدة وغير قابلة للفك ووضعها في أماكن صعبة. بشكل عام فإن الأشراك البسيطة لديها تقريبا نفس إحتمال النجاح ووقوع العدو بها. لأنه حتى لو تم اكتشاف بعض الأفخاخ وتفكيكها فإنها تكون قد حققت جزءاً من أهدافها وهي تأخير حركة العدو وفرض الحذر على تحركاته. بشكل عام لا يمكن الفصل بين الأفخاخ والألغام (خصوصا تلك التي تعمل على الشد أو الضغط) ويمكن استعمال كل منها في نفس العملية .

الهدف:

زرع الأشراك عملية تحتاج إلى الكثير من الوقت كما أنها تحمل في طياتها قدرا من الخطورة. لذلك يجب انتقاء الأماكن والوسائل الأكثر احتمالا لوقوع العدو بها. كما

يجب انتقاء الهدف الذي يتناسب مع الإمكانيات المتوفرة، مثلا ينبغي عدم محاولة تدمير دبابة بألغام مضادة للمجموعات .

خطة الطرح:

بعد انجازعملية استطلاع المكان ، ينبغي تحديد الأماكن المقترحة لنصب الأشراك بدقة، وتحديد الوسائل اللازمة والوقت المطلوب لإنجاز المهمة وطريق الانسحاب والعودة إليها في حال إحتمال نزعها من قبلنا.

الزرع:

بمجرد أن يصطدم العدو بمنطقة مشركة، سيتم تأخير تقدمه خلال عملية نزعها، لذلك يستحسن نصب الأشراك في الأماكن التالية:

- في محيط الأبنية والمنشآت والدفاعات الميدانية.
- في داخل وفي محيط العوائق والحفر التي يكون مضطرا لتطهيرها.
- في أماكن الاستراحة الطبيعية في محيط الطرقات أو المسالك.
- في الأماكن التي يحتمل أن يستفيد منها (أماكن تجمع، محطات،.....)
- في الممرات الإجبارية .

عوامل جذب الهدف:

عند اختيار طريقة التشريك ينبغي التركيز على كيفية جذب العدو نحو المنطقة المشركة . وهذا يمكن الحصول عليه بأن يتضمن الشرك وسائل أو تجهيزات هي موضع إهتمام العدو . كما قد تكون عبر وضع أفخاخ مكشوفة وظاهرة أو عوائق تجبر العدو أن يتعامل معها بحيث يكون هناك أفخاخ أخرى مخفية تصطاد العدو أثناء التعامل مع الفخ الظاهر أو العائق.

وباختصار الشراك هي أساليب إبداعية مبتكرة تهدف إلى زرع حشوات متفجرة ضد الأفراد أو الآليات والدبابات ويقوم العدو بتفجير هذه الشراك بنفسه نتيجة قيامه بحركة طبيعية دون الإنتباه لما حوله .

ومن المهم أن لا ينفجر الشراك الخداعي إلا بعد أن يبعد الشخص المجهز له مسافة آمان كافية لسلامته، وأهم ما في هذا الأسلوب هو إعتبار المكان المناسب ، والوقت المناسب وكذلك التصرف الطبيعي للخصم مع إعتماد التغيير والإبتكار المستمرين.

ولا ينبغي أن يقوم أي شخص بالعمل في مجال الشراك الخداعية إلا بعد أن يتقن بدقة إستخدم المتفجرات وأساليبها المختلفة ، **لأن بعض هذه التشريكات خطره جدا وحساسة وتحتاج إلى درجة عالية من الدراية والإنتباه**

ومن الملاحظات التي يجب على الشخص المجهز للشراك الخداعي أن يلاحظها ألا يترك أي أثر له أو أي أداة من الأدوات التي يستخدمها حتى لا ينتبه الخصم إلى الفخ المنصوب له

اقسام الشراك الخداعية

أ- انواع الشراك الخداعية من حيث طريقة الزرع إلى:

أولاً : مباشر بحيث تكون جهاز العمل ملتصقا بالمواد .

ثانيا: غير مباشر بحيث يكون جهاز العمل بعيدا عن المواد ومتصلا بها بواسطة فتيل انفجاري.

ب- أنواع الشراك الخداعية من حيث الية العمل

أولا : شراك خداعية ميكانيكية

ثانيا : شراك خداعية كهربائية

ثالثا : شراك خداعية كيميائية

رابعا : شراك خداعية بدائية

أولا : - شراك خداعية ميكانيكية:

كل الشراك الخداعية الميكانيكية تعتمد في تكوينها على (الحشوة – الصاعق – كبسولة إشتعال – مجموعة الإبرة التي تحتوي على الإبرة ، والنابض ، وماسك الإبرة)

ومفتاح هذه التشريكات هو ماسك الإبرة الذي إذا خرج من مكانه أعطى الفرصة للإبرة أن تتقدم بفعل النابض فتطرق الكبسولة وخروج ماسك الإبرة من مكانه يتم بعدة طرق

١-الضغط

٢-إزالة الضغط

٣-الشد

٤ – إزالة الشد

(أ) شراك خداعية بطريقة الضغط:

يثبت الصاعق في الحشوة ثم يركب في كبسولة الإشتعال المثبتة في المشعل الميكانيكي الذي يعمل بطريقة الضغط فعندما يقوم الخصم بالضغط على المشعل ينزل ماسك الإبرة إلى أسفل فتتحرر الإبرة وتنطلق طارقتا للكبسولة بفعل النابض .(أنظر الشكل)

(ب) شراك خداعية بطريقة إزالة الضغط:

يركب الصاعق في كبسولة الإشتعال المثبتة في المشعل الذي يعمل بطريقة إزالة الضغط ويوضع على المشعل شيئ ثقيل ذو قيمة مغرية وملفتة لنظر الخصم فعندما يقوم الخصم برفع هذا الثقل يخرج ماسك الإبرة من مكانه فتتحرر الإبرة بفعل النابض فتطرق الكبسولة ومن ثم تنفجر الحشوة .(أنظر الشكل)

(جـ)شراك خداعية بطريقة الشد:

بعد تثبيت المشعل في كبسولة الإشتعال المركبة في الصاعق المثبت في الحشوة يتم ربط مسمار الأمان (ماسك الإبرة) في سلك إعثار وعندما يتعثر الخصم في سلك الأعثار يخرج مسمار الأمان من مكانه مما يتيح الفرصة للإبرة أن تتقدم بفعل النابض فتطرق الكبسولة ومن ثم تنفجر الحشوة. (أنظر الشكل)

(د) شراك خداعية بطريقة إزالة الشد:

في هذه الطريقة بعد تركيب المشعل في كبسولة الإستعال المثبتة في الصاعق نربط مؤخرة الإبرة بسلك إعثاري ونشدها جيدا إلى الخلف بحيث يكون السلك قادر على مقاومة النابض الذي يدفع الإبرة إلى الأمام وبعد التأكد من شد الإبرة إلى الخلف جيدا ننزع مسمار الأمان من مكانه فعندما يأتي الخصم ويفك سلك الأعثار أو يقطعه تتقدم الإبرة بفعل النابض فتطرق كبسولة الإشتعال ومن ثم ينفجر الصاعق وتنفجر الحشوة . (أنظر الشكل)

ثانيا :- الشراك الخداعية كهربائية:

هذا النوع من التشريكات عبارة عن دائرة كهربائية مفصولة عند مفتاح معين (الشراك الخداعي) يقوم الخصم بالتعامل مع الشراك فتنغلق الدائرة

وتتكون الدائرة الكهربائية كما هو مبين بالشكل من:

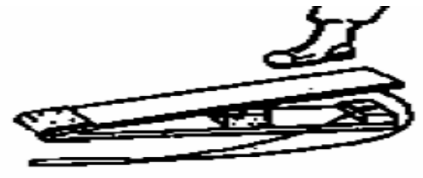
صاعق كهربائي مثبت في الحشوة - أسلاك كهربائية - بطارية لتغذية الدائرة - مفتاح أمان (لسلامة الشخص المجهز للتشريك ويغلق بعد نهاية إتمام تجهيز التشريك) - مفتاح تسليح (الشراك نفسه) يقوم الخصم بإغلاقه بعفوية مطلقة أو يغلق عن طريق جهاز توقيت.

والشراك الخداعي ليس له طريقة عمل ثابتة ولكن تتوقف فكرة عمله على فطنة وذكاء الشخص الذي يعمل في هذا المجال ، ومن أمثلة طرق عمل الشراك الخداعية :

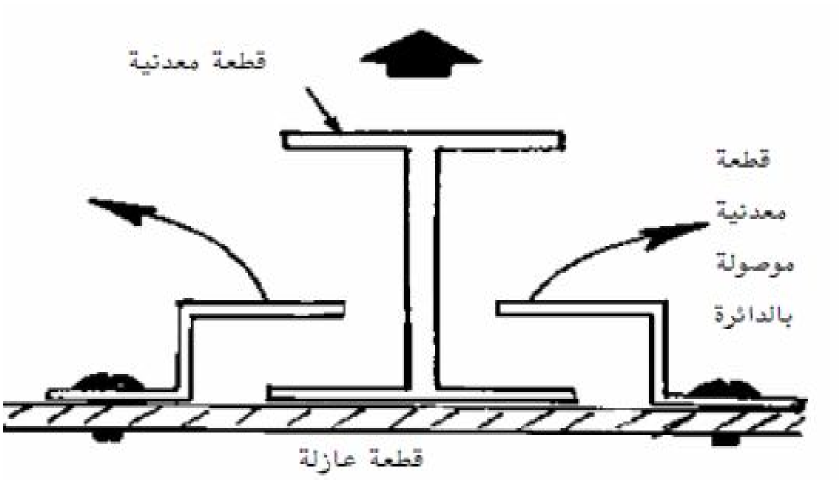
أولا :- شراك خداعي بطريقة الضغط :

١-نقوم بتثبيت قطعتي معدن على لوح خشبي كما هو مبين بالشكل بحيث تكون واحدة فوق الأخرى ثم نوصل قطعتي المعدن بسلكي التوصيل الكهربائي ، نثبت نابضين على جانبي قطعة الخشب ونثبت لوح آخر من أعلى فعند الضغط على اللوح العلوي ينضغط النابضان فتتلامس قطعتي المعدن ويتم إغلاق الدائرة وينفجر الصاعق ومن ثم تنفجر الحشوة.

٢-نقوم بتثبيت لوحين من الخشب على هيئة حرف (V) بواسطة قطعة بلاستيك أو مطاط تتيح للخشبتين أن تنضغطا ثم نضع بين الخشبتين قطعة إسفنج ونقوم بتثبيت سلكي التوصيل بأطراف ألواح الخشب بقطعة معدنية في كل طرف وعند الضغط على الخشبة العلوية تتلامس القطعتين المعدنيتين فتنغلق الدائرة وينفجر الصاعق .(أنظر الشكل) نكتفي بالمثالين السابقين لتوضيح فكرة عمل الشراك الخداعية بطريقة الضغط

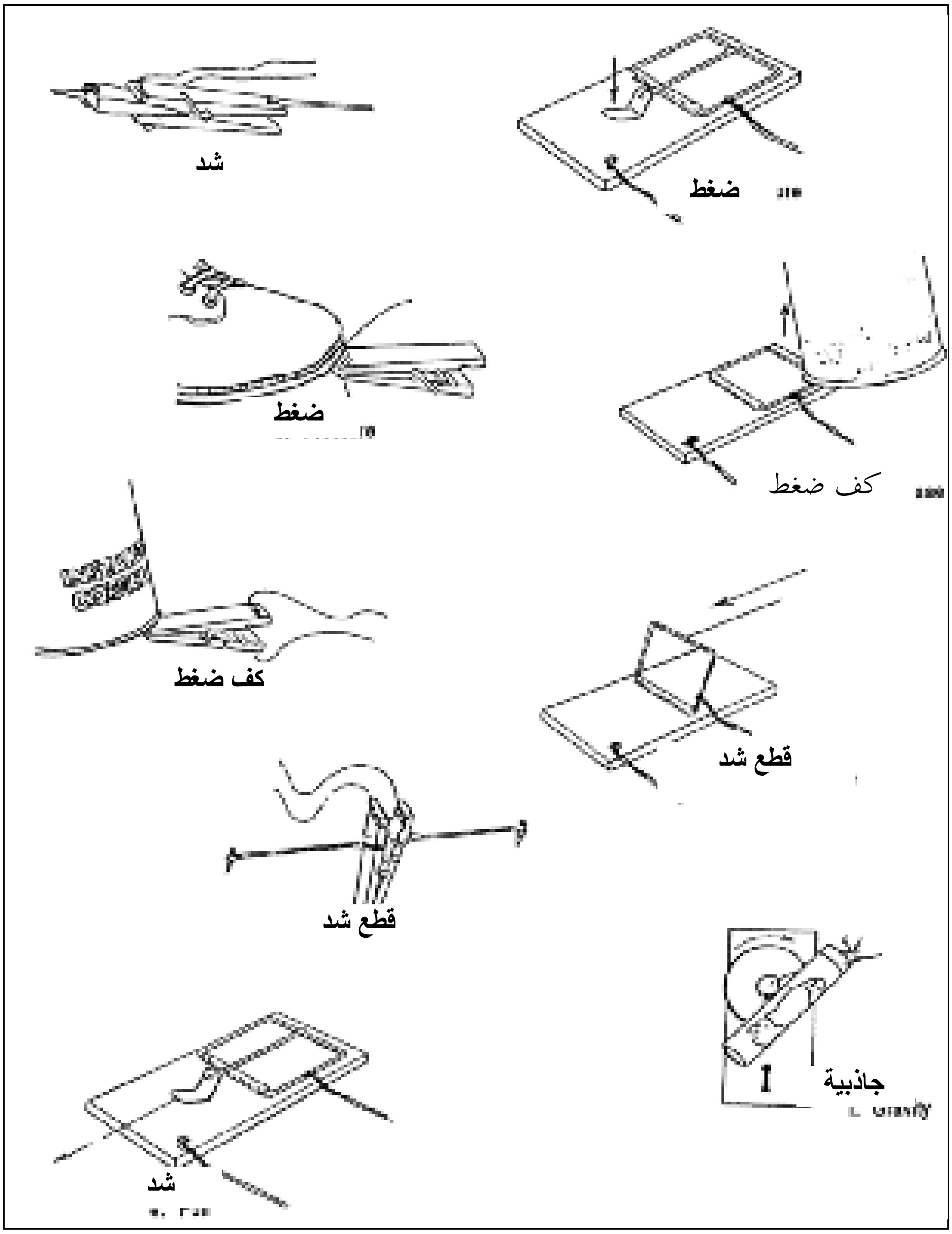


ثانيا :- شراك خداعي بطريقة الرفع :



١-تثبت على قاعدة (قاعدة خشبية)عازلة للتيار صفيحتان معدنيتان كل واحدة موصلة بطرف من أطراف الدائرة الكهربائية بحيث تكون هناك فتحة بينهما تكون من خلالها قطعة معدنية أخرى غير ملامسة للصفيحتين السابقتين على شكل حرف H مقلوبا على جنب أو حرف T مقلوبا بحيث تكون القاعدة السفلية للقطعة أكبر من الفتحة التي بين الصفيحتين المعدنيتين ، وتوصل هذه بسلك أو حبل فعند رفعها بطريقة ما تلامس القطعة الصفيحتان المعدنيتان وتنغلق الدائرة وينفجر الصاعق . (أنظر الشكل)

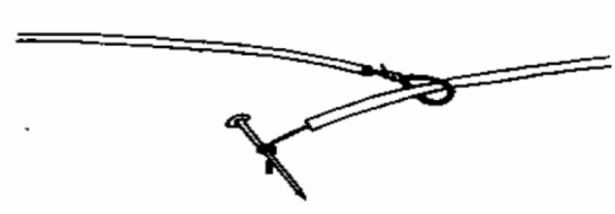
٢-مصيدة الفئران : تحضر هذه الأداة بالشكل الطبيعي بحيث يكون القضيب المعدني مرفوع وموضوع فوقه الشراك الخداعي نوصل أحد طرفي الدائرة بالقضيب المعدني ونوصل الطرف الآخر بقاعدة المصيدة وعندما يقوم الخصم برفع الشراك الخداعي يعود القضيب إلى مكانه بفعل



النابض فيتلامس طرفي الدائرة وينفجر الصاعق . (أنظر الشكل) نكتفي بالمثالين السابقين لتوضيح فكرة عمل الشراك الخداعي الذي يعمل رفع الضغط

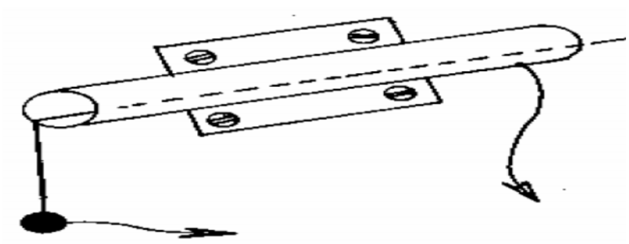
ثالثا :- شراك خداعي بطريقة الشد:

١-طريقة الحلقة والمسمار : في هذه الطريقة تستعمل أسلاك معزولة ولكن جزء من أطراف الأسلاك غير معزول وعندما ينسحب أحد السلكين يتلامس الطرفان الغير معزولان وتنغلق الدائرة وينفجر الصاعق . (أنظر الشكل)



٢-طريقة ملقط الغسيل : يثبت على فكي ملقط الغسيل سلكي الدائرة الكهربائية ويعزل بينهما إما بلوح خشبي أو قطعة بلاستيك وتربط بسلك إعثار وعندما يتعثر الخصم في سلك الإعثار تسحب قطعة البلاستيك فيتلامس فكي الملقط بفعل الزنبرك وتنغلق الدائرة وينفجر الصاعق . (أنظر الشكل)

٣-الأنبوب والكره : يثبت أنبوب معدني فوق قاعدة خشبية ثم يوصل أحد طرفي الدائرة بالأنبوب نحضر كرة معدنية ونوصلها بالطرف الآخر للدائرة ونربط هذه الكرة بخيط وندخل الخيط داخل الأنبوب المعدني فعند تعثر الخصم في الخيط تنجذب الكره وتلامس الأنبوب المعدني فتنغلق الدائرة وينفجر الصاعق .(أنظر الشكل) نكتفي بهذه الأمثلة لتوضيح فكرة عمل الشراك الخداعية بطريقة الشد.



رابعا :- شراك خداعي بطريقة (الميل):

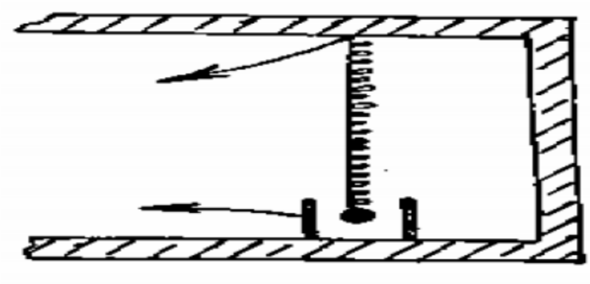
١-كرة داخل أنبوب : توضع كرة معدنية داخل أنبوب زجاجي أو بلاستيكي مغلق أحد طرفيه والطرف الآخر يغلق بقطعة فلين أو أي مادة عازلة كغطاء يتخلل هذا الغطاء سلكين موصولين بالتيار الكهربائي ومعزولين عن بعضهما عند ما تميل الأنبوبة تجاه السلكين تتدحرج الكرة فتلامس السلكان وتقوم بتوصيل الدائرة وينفجر الصاعق . (أنظر الشكل)

٢-مفتاح إهتزازي ثنائي النهاية : في هذا التشريك إذا مالت الأنبوبة في أي إتجاه من الإتجاهين أغلقت الدائرة وانفجرت الحشوة . (أنظر الشكل) نكتفي بالمثالين السابقين لتوضيح فكرة الشراك الخداعي بالميل

خامسا :- شراك خداعي بطريقة الإهتزاز :

١-مفتاح الرعاش : تثبت حلقة معدنية على جدار صندوق أو كرتونة وتوصل بأحد أقطاب الدائرة الكهربائية والقطب الآخر للدئرة يوصل بزنبرك أو قضيب معدني مرن يمر من خلال الحلقة دون أن يلامسها عند تحريك الصندوق يلامس القضيب الحلقة فتنغلق الدائرة وينفجر الصاعق . (أنظر الشكل)

٢-البندول : يوصل أحد أقطاب الدائرة الكهربائية بزنبرك أو قضيب معدني مرن يعلق في سقف أو غطاء الصندوق وهذا القضيب يتدلى داخل وعاء معدني دون أن يلامسه وهذا الوعاء المعدني متصل بالقطب الآخر للدائرة فعند إهتزاز الصندوق يلامس الزنبرك أوالقضيب المعدني الوعاء المعدني فتتصل الدائرة وينفجر الصاعق . (أنظر الشكل)



٣-مفتاح إهتزازي : وهو عبارة عن كرة معدنية داخل مجال مكون من قضيبين معدنيين مثنيين وكل منهما لا يلامس الآخر وتوصل الدائرة الكهربائية كل طرف مع قطب من القضيبين و يكون القضيبان مثبتان على قاعدة عازلة وأي كان إتجاه إهتزاز الشراك (سحبا ، رفعا ، ميلا) فإن الكرة ستتصل بين القضيبين فتنغلق الدائرة وينفجر الصاعق . (أنظر الشكل)

هناك مفاتيح أو شراك خداعية بواسطة الخلايا الضوئية التي تعمل بالضوء فعند سقوط الضوء عليها تقوم بغلق الدائرة وكذلك الخلايا الصوتية التي تعمل بالذبذبات أو الموجات الصوتية فتغلق الدائرة وينفجر الصاعق.

وكما ذكرنا فإن أفكار الشراك الخداعية لا تنحصر وإنما تتوقف على

١-خبرة الشخص الذي يعمل في هذا المجال ومهارته وذكاءه

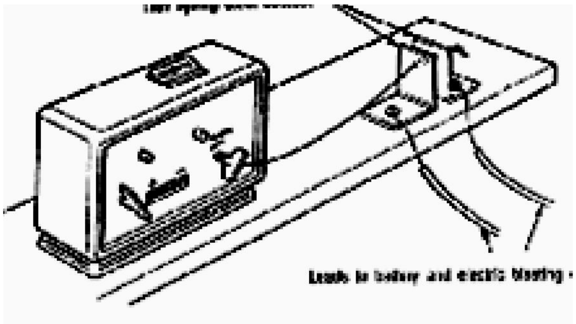
٢-الإمكانيات المتاحة

٣-الظروف والوسط الذي ينصب فيه الشراك الخداعي ... وهناك عوامل أخرى تتحكم في طبيعة الشراك الخداعي.

الحشوات الموقوتة

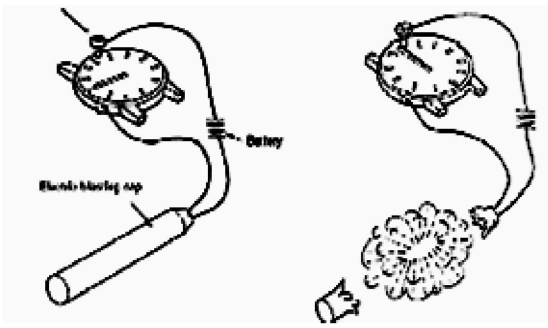
(١)مفتاح جرس الساعة والمفتاح الكهربائي:

توصل أطراف الدائرة الكهربائية كما في الشكل ويؤتي بالساعة ويلف مفتاح الجرس حتى نهايته ويتعين الوقت المناسب ويربط خيط رفيع بزر المفتاح الكهربائي ويكون بوضع شد ويربط طرفه الآخر بمفتاح الجرس ، فعندما يحين الوقت المحدد يبدأ مفتاح الجرس في الدوران وعندها يبدأ الخيط بالإلتفاف حول المفتاح ثم يشد زر المفتاح الكهربائي وتنغلق الدائرة وينفجر الصاعق .



(٢)مفتاح جرس الساعة – والصفيحتين:

هذه الطريقة نفس وضع الطريقة السابقة إلا أنه بدلا من المفتاح الكهربائي نثبت صفيحتين معدنيتين على قاعدة خشبية وتوصل كل صفيحة بطرف من أطراف الدائرة ونربط الصفيحة البعيدة عن الساعة بخيط ثم نمرر هذا الخيط من ثقب في الصفيحة القريبة للساعة ثم نربط الطرف الآخر للخيط بمفتاح جرس الساعة فعندما يحين الوقت يدور مفتاح جرس الساعة فيلتف الخيط حول المفتاح وفي نفس الوقت يقوم بشد الصفيحة البعيدة حتى تلامس الصفيحة الأخرى وهنا تنغلق الدائرة وينفجر الصاعق .



(٣)الساعة والدبوس :

نحضر الساعة وننزع الغطاء الزجاجي ونقوم بعزل أرضية الساعة بأن نضع عليها لاصق وإذا أردنا أن يكون التوقيت بالساعات ننزع عقرب الثواني وعقرب الدقائق وإذا أردنا أن نستخدم عقرب الدقائق ننزع كل من عقرب الثواني وعقرب الساعات بعد ذلك نقوم بثقب الغطاء الزجاجي من عند الطرف ونثبت الغطاء الزجاجي في مكانه ونجعل الثقب عند الوقت المطلوب ، ونقوم بتوصيل إحدى طرفي الدائرة بجسم الساعة والطرف الآخر بدبوس ونثبت الدبوس في الثقب مع ضمان

١–أن يكون العقرب موصل للكهرباء

٢–أن يكون العقرب حر الحركة

٣–أن يكون الدبوس غير ملامس الجسم الساعة

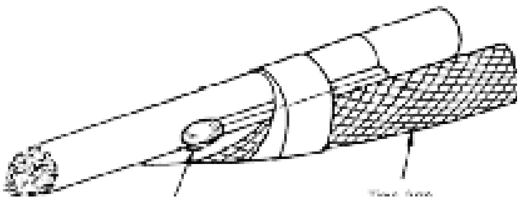
ثم نشغل الساعة فعندما يأتي العقرب عند الوقت المحدد يلامس الدبوس فتنغلق الدائرة وينفجر الصاعق .

الوسائل :

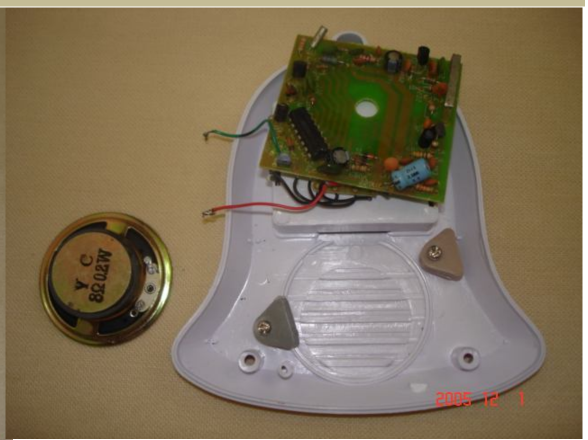
فيما يلي بعض الرسومات التي توضح بعض الاستخدامات:

التفجير بالسيجارة

شرك تأخيري ففي الصورة سيجارة وموصل بجانبها فتيل اشتعالي وعود ثقاب



التفجير بالجرس



١- إزالة سماعة

٢- توصيل اللمبه في الأسلاك

٣- الآن جاهز . عند الضغط على الجرس تنفجر العبوه ، والمسافة التي يصل إليها تقريباً ٣٠ أو ٤٠ مترا وهناك أنوع ممكن توصل مسافات أبعد .

تشريك القنبلة:

❖ **الفكرة:**

نزع الحشوة التاخيرية

❖ نفك جهاز العمل

❖ نقوم بنزع الصاعق بحذر بزرادية دون المساس بمكان المادة الحساسة

❖ نحضر سلك معدني حافته بزاوية ٤٥

❖ نقوم بنزع الحشوة التأخيرية من جهاز العمل

❖ ومن ثم نقوم بتركيب الصاعق

❖ ونركب جهاز العمل

❖ يحذر نهائيا رميها يدويا بعد ذلك ونميزها باشارة معينة

❖ هناك طريقتين لتشغيل جهاز العمل

اما برفع الضغط او بشد الضامن

احتياطات الامان عند العمل بالاشراك الخداعية :

حيث ان الاشراك الخداعية وزرعها عملية دقيقة جدا وتحتاج لحذر شديد فانه على ناصب الشرك ان يكون على ثقة تامة من فهمه لما هو مقدم عليه ، يجب ان يكون سريع البديهة خفيف اليد قوي الثقة بنفسه مع عدم الغرور والاستهتار ومع المام كامل في معلومات التخريب كل هذه الامور تساعده على النجاح في عمله .

احتياطات الامان عند النزع :

ان نزع الاشارك الخداعية اصعب بكثير من عملية زرع أي شرك خاصة وان العدو قد يزرع لنا اشراكا مركبة تحتاج فعلا الى حذر اكثر ويقظة شديدة لذلك من الاسلم ان نتخلص من الشرك الذي زرعه العدو بالتفجير ولكن قد يكون من الضروري في بعض الحالات نزع الشرك وفي هذه الحالة يجب البحث والتدقيق بحذر شديد حتى لا نمكن العدو من اصتيادنا مع مراعاة ما يلي

١ . اذا تم زرع شرك من قبلنا واستغنينا عنه فانه يفضل ان ينزعه نفس الشخص الذي زرعه .

٢ . اذا وجد سلك تعثر يجب تعقبه من كلا طرفيه قبل ان يلمس وبعد ان نتحسس موطأ القدم حتى لا يكون هناك الغام افرادية على طريق السلك يتم نزع الشرك بالطريقة المناسبة .

٣. يجب الحذر عند اكتشاف شرك زرعه العدو فقد يكون هذا الشرك متصلا باكثر من وسيلة اشعال او اكثر من وسيلتين احيانا متصلات بطريقة ماكرة جدا حتى اذا ما نجحت بفك احدهما نجح هو باقتناصك بالاخرى .

٤. لا تستعمل القوة عند النزع واذا اضطررت لذلك فاوقف العمل .

٥ . اذا اضطررت لترك مصيدة فيجب ابلاغ المسؤول بعد ان يتم تعليمها .

٦ . اذا وجد نوع من الاشراك تجهل طريقة عمله ولم تستطع نزعه يتم تعليمه واخبار من هو اخبر بمعالجته .

٧ . يجب ان يقوم بنزع الشرك شخص واحد فقط .

٨ . يفضل دائما نزع الشرك بسحبه من مكان امين واذا سحب شرك ولم ينفجر فلا تتقدم منه الا بعد مرور وقت عليه واذا اردت نزع شرك في الخلاء فيجب ان يسحب سحبا قويا لينفجر ولا يجب معالجته مباشرة .

تطهير الابنية من الاشراك :

ان لتشريك الابنية ميزة خاصة في اقتناص الافراد سواءً أكانت هذه الابنية بيوتا او ملاجىء او انفاق او غيره لذا فان لتطهير الابنية من الاشراك اعتبارا خاصا يجب مراعات الامور التالية :

١ . عدم الدخول مباشرة من الباب واذا امكن الدخول من المنافذ الاخرى مع مراعات فحص جوانب الابواب والنوافذ قبل فتحها والدخول منها ويتم فتحها باي وسيلة وانت مختف على يمين او يسار الباب خلف الحائط حتى لو دعت الضرورة الى كسر الباب او النافذة وذلك لتفتيش وتطهير الباب والنافذة نفسها قبل دخول الغرفة والبدء بتطهيرها .

٢ . دخول الغرفة بحذر وتفتيش كل شيء فيها والانتقال بالتدرج حسب ترتيب الاغراض داخلها من غرض الى آخر والتأشير على كل شيء يتم تفتيشه بعلامة متفق عليها .

٣. يجب ان يستريح الشخص الذي يقوم بالتفتيش بين كل فترة واخرى .

٤. اثناء التفتيش يجب ان تركز ذهنك وانتباهك الى عملية التفتيش فقط ويجب ان لا يشرد ذهنك الى أي شيء آخر غير التفتيش .

٥ . تجول وانقل رجلك من خطوة الى اخرى وعيناك مفتوحتان. عامل كل شيء بشكل خاص ما ظهر منها في غير محله او غير عادي بالنسبة لما يحيط به وعند الانتهاء من الغرفة يتم تعليمها بعلامة ظاهرة ومعروفة .

ملاحظة :لا بد من التذكير بانه يجب الشك بكل شيء بعد أي غارة يقوم بها العدو .

وهذه صورة لشرك اسرائيلي عبارة عن سلسلة قنابل يمر فتيل في منتصف كل قنبلة ويمتد الشرك لعشرات الأمتار وهو ضد الأفراد

الحزام الناسف

❖ **التعريف** : هو أحد الأسلحة المضادة للأفراد التي تستخدم الشظايا لتحقيق الأثر المطلوب في الهدف المنتشر في جميع الإتجاهات.

■ **مكونات الحزام الناسف :**

❖ السترة

❖ المادة المتفجرة

❖ الشظايا

❖ دائرة التوصيل

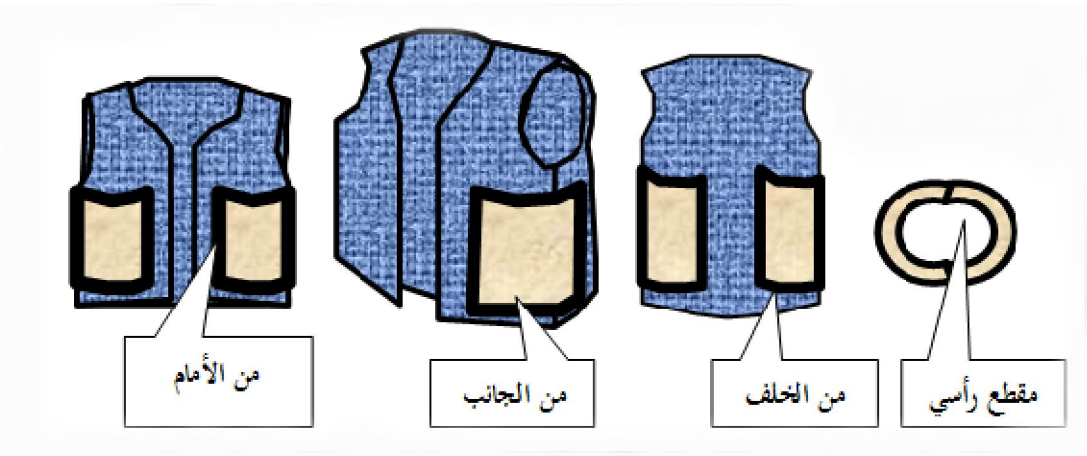
❖ أداة التفجير

أولا: السترة

❖ تكون مصنوعة من القماش أو الجلد

❖ تتكون السترة من عدة أجزاء منها :

أ . **الحامل أو القاعدة** وهي عبارة عن عدة جيوب تصنع لحشو المادة المتفجرة فيها وأهمية الجيوب تكمن في التحكّم في سماكة المادة وشكلها وسهولة إضافتها.



ب . **قنوات شبكة التوزيع الكهربي** والتي هي عبارة عن قنوات تمر من خلالها الأسلاك الكهربية.

ثانيا: المادة المتفجرة:

ويشترط فيها :

أ . أن تكون السرعة الإنفجارية لها عالية لأنه كلّما زادت السرعة الإنفجارية للمادة كلّما زادت السرعة الإبتدائية للشظايا. مثلاً (TNT) (C4) (C3) (RDX) (تترايل) (مركب B) (مادة جلاتينية).

ب . أن تكون الكتلة الحرجة (القطر الحرج) صغير نسبياً.

تعريف القطر الحرج : Critical Diameter

هو القطر الأدنى للحشوة المتفّجرة وأقل منه لا يمكن أن يحدث انفجار في الحشوة لأن الموجة الإنفجارية لا يمكن أن تأخذ مجراها، ويتم هذا الإختبار من خلال استخدام عدّة حشوات بسماكات مختلفة لغاية أقل سماكة عندها المادة لا تنفجر.

س : ما هو سبب عدم استخدام نترات الأمونيوم كمادة متفجرة في الأحزمة الناسفة ؟؟؟

ثالثا: الشظايا

. يجب أن تحقّق الشظايا التالي :

أ . الإنتشار والكثافة : ونعني بالإنتشار مدى تغطية الشظايا كامل مسافة انتشار الهدف ونعني بالكثافة عدد الشظايا في المتر المربع الواحد وأقلها خمسة شظايا في المتر المربع الواحد.

ب . القدرة على الإختراق وتحقيق المدى القاتل الذي يعّبر عنه بأقصى مسافة تكون الطلقة أو الشظية قادرة على اختراق الجمجمة.

ملاحظة : في الأحزمة الناسفة يفضل استخدام الشظايا ذات الأشكال الكروية أو المربعة بحيث لا يقل قطرها عن ٤ ملم ولا يزيد قطرها عن ٧ ملم وذلك تحقيقاً للكثافة العالية والخرق الجيّد.

رابعا: **دائرة التفصيل**

هناك عدّة أنواع من دوائر التوصيل :

أ . دائرة التوصيل الكهربية (التوالي أو التوازي)

ملاحظة : يتم استخدام دائرة التوصيل على التوازي في الأحزمة الناسفة وذلك لتفادي عيب دائرة التوصيل على التوالي التي تؤدي إلى فشل الدائرة بالكامل في حال فشل أحد الصواعق.

تتألف الدائرة من

١. الأسلاك الكهربية ٢. صواعق ٣. زر أمان ٤. كبسة التشغيل ٥. بطارية.

ب . دائرة التوصيل النارية ويفضّل استخدام دائرة التوصيل النارية على التوازي من عدة نقاط.

خامسا: **أداة التفجير**

أداة التفجير تكون : (كهربية ، ميكانيكية)

كهربائية

ميكانيكية

أشكال الأحزمة الناسفة

إعلم أخي المجاهد أنّ لصناعة الأحزمة الناسفة عدّة طرق منها

أولا : الحزام الدفاعي (حزام ابو عبدالله المهاجر) :

وأسميناه دفاعي لأنه لا يكون أساسي للمقاتل بل احتياط حين نفاذ ذخيرة المجاهد في المعركة او حين عطل سلاحه وعدم وجود بديل ويتميز هذا الحزام بخفته مقارنة بالأحزمة الأخرى لأنه يلبس إضافة الي ما يلبسه المجاهد من جعبة بها مخازن وقنابل ويكون مهمته اقتحام او ما شابه وغير ذلك بخلاف الاستشهادي الهجومي بحيث انه تتركز مهمته في تفجير نفسه .

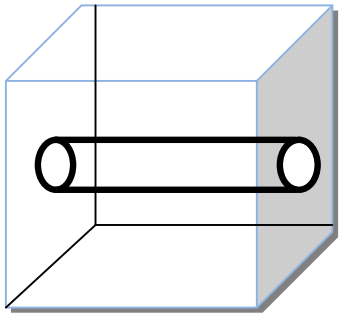
واسميناه حزام ابو عبدالله المهاجر لان الذي صمم طريقته وقام بصناعته هو ابو عبدالله المهاجر تقبله الله وأعظم أجره أمير جماعة جند انصار الله وكما يظهر بالصورة الاحزمة التي قام بصناعتها

وسنتحدث عن طريقة صناعته كما اختارها الشيخ ابو عبدالله المهاجر بدون زيادة طبعا ويمكن التغيير حسب الوضع والحاجة

المكونات:

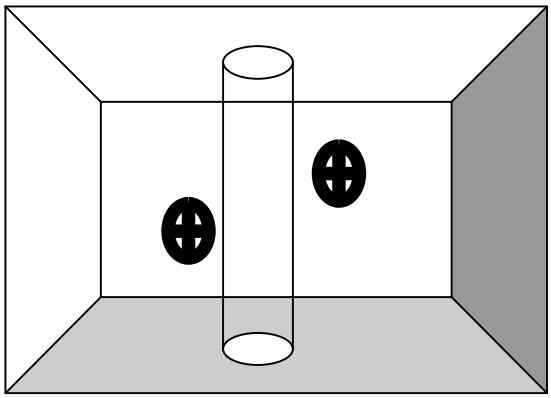
احزمة قماش، علب تجميع كهرباء ١٢-٦سم او اي حجم تريده، صواعق ميكانيكية ايطالية اصلية العدد ٢، شظايا (كروية او اسطوانية) ، TNT ، RDX ، فتائل شعبية متفجرة، حقنة بلاستيكية قطرها يدخل فيها الفتيل الشعبي .

طريقة العمل:

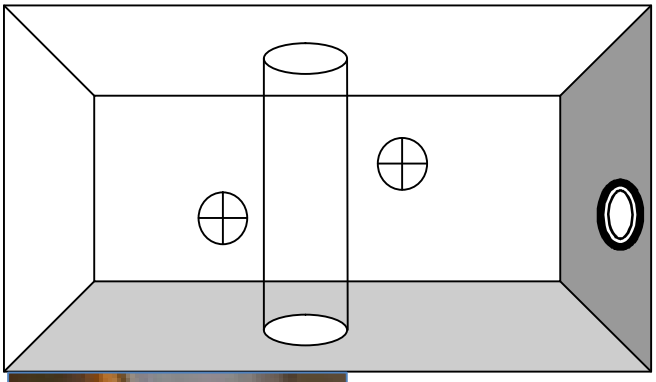


- نقوم بعمل فتيل شعبي متفجر من اي مادة متوفرة وطريقته موضحة سابقا في موضوع الفتائل
- نقوم باحضار العلب بالحجم الذي نريد ونحافظ على القطر الحرج للمادة وعمل فتحات فيها تدخل فيها الحقنة في الوسط

كما يظهر بالصورة ومن الممكن الاستعاضة عن الحقنة باي انبوب يحضن الفتيل الشعبي بحيث سندخل الفتيل حين ننتهي من وضع العلب وتعبئتها



- ثم نثبت العلب بالحزام وذلك بمسامير براغي (مسامير برمة) بحيث نثبتها جنبا الي جنب بحيث نترك مسافة ٢-٤ سم بين كل علبة وعلبة بحيث حين يتم وضع الفتيل يكون هناك نوعا من المرونة يجعل المادة في الفتيل لا تتكسر



- نفتح في علبتين مكان للصاعق ونضع كل علبة في جهة وكان تقبله الله يضع في الثانية والقبل الاخيرة من العلب فيها صواعق كما بالصورة وهي صواعق ميكانيكية فورية اصلية كما ترون

- نقوم بتعبئة العلب بمادة TNT والعلبتين الموجودة بها الصواعق نضع بها مادة RDX حول مكان الصاعق وحتى نصف العلبة لبعد الفتيل لضمان انفجار كامل المادة

- أغطية العلب نقوم بوضع شظايا عليها من الداخل كما بطريقة وضع الشظايا التي سنتحدث عنها لاحقا في الحزام الجلاتيني ولكن نضعها على غطاء العلبة مباشرة ونصب اللاصق عليها ونتركها لتجف

- ومن ثم نثبت الأغطية بالعلب ومن ثم نقوم بوضع الصاعقين في العلب وتثبيتها بخليط او ما شابه

❖ جهاز العمل المستخدم في الحزام الدفاعي حيث اعتمد على استخدام جهاز عمل أصلي وهو جهاز عمل الألغام الايطالية يتم وضعة في ثاني علبة من كلا الاتجاهين.

.

❖ ومن ثم نقوم بوضع الفتيل المتفجر بحيث نمرره من داخل الانابيب (الحقن)

التي تم وضعها في العلب كما بالصور

مميزات الحزام الدفاعي:

- خفيف الوزن مقارنة بغيره
- يعطي اطمئنان للمقاتل المقتحم من خوف ان يؤسر
- يمكن استبدال علبة في حال تكسرها او ما شابه
- يمكن تبديل الفتيل في حال تكسره
- يلبس كما يلبس حزام البنطال

وأخيرا كبر ثم فجر والله الميسر.

ثانيا : الحزام الجلاتيني

ويتكّون من (مادة جلاتينية، شظايا، سترة، وسيلة تفجير).

أ . المادة الجلاتينية : عبارة عن خليط من عدّة مواد (TNT) (نيترو سيليلوز) (نيترو جليكول).

١. (TNT) ثلاثي نيترو تولوين

* اللون أبيض مصفر (تزيد نسبة الشوائب كلما إقترب من اللون البني).

* مادة سامة طعمها مر.

* سرعته الإنفجارية ٦٦٠٠ . ٦٩٠٠ م / ث.

* يذوب في الأسيتون (مزيل طلاء الأظافر).

* لا يتفاعل مع المعادن .

* القطر الحرج له (١ بوصة).

* كثافته (١,٥٤ غم / سم٣).

٢. نيترو سيليلوز (القطن المتفجّر)

* يستخدم في صناعة الكوردايت وفي صناعة البارود اللادخاني (السلطاني).

* عبارة عن عملية نترجة السيليلوز (القطن الطبي) بإضافة مجموعة النيترايت (NO2)- الموجودة في حمض النيتريك (HNO3)-

* يذوب في الأسيتون.

*يتأثر بالكهرباء تأثراً كبيرا .

* عديم الحساسية للصدم وحسّاس للحرارة واللهب.

* كثافته (١,٦٥غم / سم٣).

٣. نيترو جيليكول (زيت متفجّر)

* عديم اللون في الحالة النقية ويكون أبيض أو أحمر حسب لون الجيليكول المستخدم في التحضير

* كثافته (١,٤٩غم / سم٣).
* درجة بدء الإنفجار ١٩٧ْم.
* سرعته الإنفجارية ٧٨٠٠م / ث.
* مُعامل القدرة التدميرة ٢ مقارنة مع الـ(TNT).
* القطر الحرج له ١ملم.
* غير قابل للذوبان في الماء ويذوب في المذيبات العضوية مثل الأسيتون.
* لا يتفاعل مع المعادن.
* يعتبر مادة سامّة.
* المواد الداخلة في تصنيعه هي الجيليكول، ماء الروديتر، حمض النيتريك، حمض الكبريتيك.

صناعة المادة الجلاتينية

ـ المواد الداخلة :

(TNT ٢٠ غم).

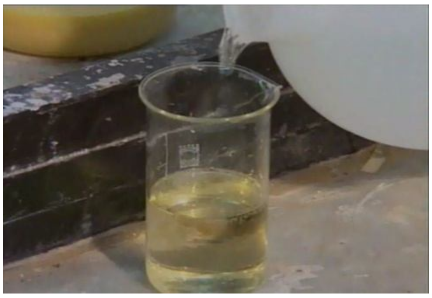
(نيترو سيليلوز ٢٠غم).

(نيترو جيليكول ٩٠ غم).

(اسيتون كمية غير محددة. حسب الحاجة).

الـخــطــوات :

❖ نذيب الـ (TNT) في الأسيتون.



❖ نضع النيترو جيليكول في إناء آخر وأسيتون.

❖ نضيف نيترو سيليلوز على محلول الـ (TNT والأسيتون)

❖ ونقوم بتحريك المحلول مع إضافة محلول (النيترو جيليكول والأستون) جنباً إلى جنب مع النيترو سيليلوز.

❖ نقوم بصبّ المزيج في قالب حسب شكل الحزام المطلوب مع مراعاة أن تكون سماكة المادة ١,٥ ـ ٢ سم بعد تكون الكمية.

❖ نقوم بلف المادة الجلاتينية بالنايلون وذلك لأنه يخرج منها رائحة قوية نفّاذة تسبب صداع قويّ.

مميزات المادة الجلاتينية

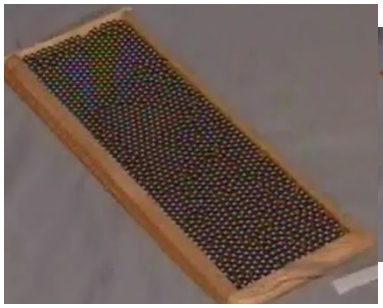
- سرعتها الإنفجارية عالية.
- مُعامل القدرة التدميرية عالي.
- قطرها الحرج صغير (١,٥ . ٢سم).
- مرنة وليّنة.
- سهلة التشكل وبالتالي سهلة في التمويه.

ب . الشظايا

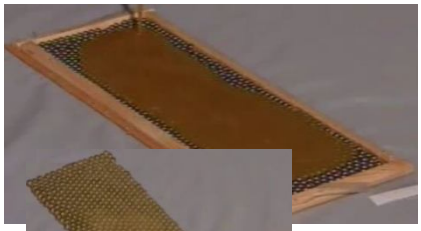
خطوات عمل لوح الشظايا

■ **نقوم بعمل قالب حسب شكل المادة المتفجّرة وبالمقياس اللازم لذلك.**

■ **نستخدم شريط لاصق كعازل لمنع التصاق الشظايا بالقالب.**



■ نقوم برص الشظايا جيداً داخل القالب مع مراعاة عدم وجود فراغات.



■ نقوم بإضافة المادة اللاصقة (غراء أصفر . مادة البوستك وهي مادة لاصقة تستخدملأعمال الحمامات والمطابخ).

■ نقوم بنزع قالب الشظايا بعد أن يجف.

❖ نقوم بإدخال المادة المتفجّرة داخل السترة المجّهزة مسبقاً خلف الشظايا لناحية جسم الإنسان وقالب الشظايا في الأمام.

الشظايا

المادة المتفجّرة

ثالثا : حزام الـ (TNT)

ويتكون من (TNT) (شظايا) (سترة)(وسيلة تفجير).

خطوات عمل الحزام

❖ نقوم بعمل ظروف مصنوعة من (الكرتون) المغلف بمادة لاصقة لمنع دخول الرطوبة إلى المادة.

❖ نقوم بطحن الـ (TNT) جيداً ومن ثم تعبئته داخل الظروف مع مراعاة ضغطه جيداً .

❖ نقوم بتثبيت الصواعق جيداً داخل الظروف ومن الممكن ان نقوم بتعبئة الظروف الموجودة فيها الصواعق بمادة منشطة مثل C4 او RDX

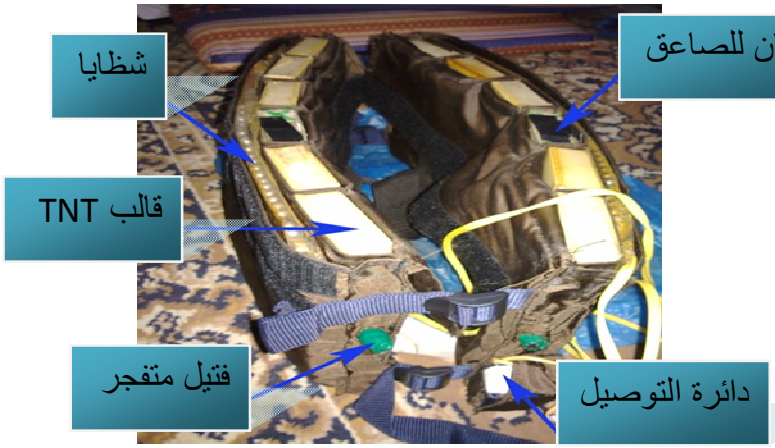
❖ نقوم بوصل فتيل بوسط الظروف كما بطريقة الحزام الدفاعي وكما بالصورة لاحقا

❖ نقوم بعمل قالب الشظايا وفق الخطوات السابق ذكرها في الحزام الجلاتيني.

❖ نقوم بوضع الظروف داخل السترة المجّهزة مسبقاً .

❖ نقوم بعمل دائرة توصيل على التوازى من عدة نقاط وفحص سلامة الدائرة اذا كانت كهربائية وممكن ان نعملها ميكانيكية ومن الممكن ان نعملها مختلطة

ملاحظة : أي خلل في الدائرة وعدم التأكد من سلامتها يؤدي حتماً إلى كارثة آثارها كبيرة لأنه يُعرف ويُتوقع ما سيحدث عند انفجار الحزام في مكان ما قبل الهدف أو عدم انفجار الحزام في مكان التنفيذ.



صورة حزام ناسف مع توضيح الأجزاء المكوّن منها

ـ حزام النـ ـ شا والنيتروجيليكول

❖ نقوم بإضافة النيتروجيليكول على النّشا حتى يصل إلى حالة الإشباع ومن ثّم تعبئته داخل أكياس نايلون ومن ثّم توظيفه بنفس خطوات عمل الأحزمة السابقة.

خامسا: حـزام الـقـطـن

* نقوم بإضافة النيتروجيليكول على القطن (المستخدم للنساء الأولويز) حتى يصل إلى حالة الإشباع ويتم وضعه داخل أكياس ويتم توظيفه بنفس خطوات عمل الأحزمة السابقة.

سادسا: حزام الـ(C3)

❖ C3عبارة عن مادة متفجرة شديدة الإنفجار تدخل في صناعته مادة RDXبنسبة ٧٠% تقريبا و٣٠%مواد أخرى مثل الزيت المعدني،شكله عجيني أصفر اللون مائل للبني،لا يتأثر بالمعادن،لا يتأثر بالرطوبة ويمكن استخدامه تحت الماء،معامل القوة له ١,٣ بالنسبة لTNT.

مواصفات حزام C3

- الوزن الكلي ١٣ كجم
- وزن المادة: ٤+٤ كجم
- وزن الشظايا: ٥ كجم
- عدد الشظايا: ٥٤٠٠
- نوع الشظايا: كروي
- مقاسها: ٤ ملم
- طول الفتيل: ١٨م
- المدى القاتل: ٢٥ م

خطوات عمل الحزام

❖ نقوم بتجهيز السترة وتقسيمها إلى جيوب متساوية لتسهيل عملية الإضافة والدك وتمرير الفتيل بعد ذلك وكلما زاد عدد الجيوب كلما قلت سماكته والعكس صحيح.

❖ نقوم بإضافة c3داخل الجيوب وكما ترون بالصور هي على شكل كريات

❖ نقوم بدك c3جيدا ثم نخيطه بخيط قوي .

❖ نقوم بتمرير الفتيل (كورتكس) في الممرات بين جميع الجيوب ولصقه جيدا ومن ثم لصق فتيل حزام الظهر مع فتيل حزام الصدر مراعيا اتجاه الموجة الإنفجارية.

❖ وضع c3 فوق الفتيل من الطرفين ونلصقه بالفتيل جيدا.

❖ وضع نايلون بلاستيكى فوق الحزام .

❖ نحكم النايلون بشريط لاصق عريض .

❖ الشكل النهائي للحزام.

سابعا : حزام قذائف الهاون

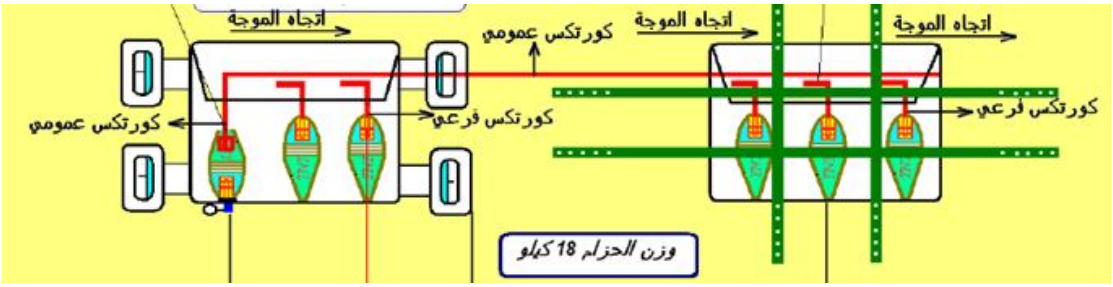
❖ وهو عبارة عن ٦ قذائف هاون ٨٠ تفك منها الفراشات

❖ نأخذ قذيفة منهم ونقطع منها ٥ سم من الأسفل للكورتكس في مقدمة كل قذيفة مكان الصاعق . نعمل فتحة مناسبة في ال TNTونضع داخل القذيفة عقدة من الكورتكس في وسط مادة عجينية لكل قذيفة من القذائف الخمسة طول العقدة ٥٠ سم ويخرج منها ٣٠ سم أخرى مضاعفا (دبل) غير العقدة .

❖ القذيفة رقم ستة نصنع لها عقدة مناسبه لحجمها الكبير من الأسفل في وسط مادة عجينية ويخرج منها كورتكس مضاعف (دبل) طوله متر ، وأما من الاعلى نركب صاعقين كهربائيين فوريين على التوازي أو صاعق ميكانيكي فوري أوعمله بالاثنين معا

- ❖ نصنع من القماش القوي حزام بستة جيوب للقذائف الستة .
- ❖ يراعى أن الحلقات تكون في حزام الصدر والحزمة في حزام الظهر
- ❖ نضع جميع القذائف الخمسة جهة الصاعق لاعلى إلا القذيفة رقم ستة نضعها جهة الصاعق لأسفل.
- ❖ الآن أصبحت كل القذائف الخمسة لأعلى ويخرج من كل قذيفة ٣٠ سم مضاعفا من الكورتكس في وسط مادة عجينية ، وأما القذيفة رقم ستة فهي جهة الصاعق لأسفل ويخرج من أعلاها متر كورتكس مضاعفا يتم توصيله بكورتكس الخارج من القذائف الخمسة مع **<u>أهمية مراعاة إتجاه الموجة</u>** ، ولابد أن لا يقل الربط بينهم عن ١٠ سم .

لابد من وضع الصاعق في الطرف (يمين _ يسار) المناسب للستشهادي .



■ **الشكل النهائي للحزام.**

ا : حزام C4

❖ **C4** : هو عبارة عن مادة متفجرة شديدة الانفجار تدخل في صناعته مادة RDX بنسبة ٩١% و٩% مواد أخرى منها زيت معدني ، عجينة بيضاء اللون يأتي على شكل قوالب اسطوانية كأصابع الديناميت،لايتفاعل مع المعادن، ولايتاثر بالرطوبة، معامل القدرة التدميرية له ١,٣٤بالنسبة لـ TNT.

مكونات الحزام

مادة C4 ، سترة ، فتيل انفجاري ، أداة التفجير.

خطوات عمل الحزام:-

■ نقوم بفرد المادة داخل قالب بالمقاييس المطلوبة.

■ نقوم بربط عقد في الفتيل ووضعه على امتداد المادة المتفجرة.

■ نقوم بفرد طبقة أخرى من المادة فوق الفتيل.

■ نقوم برص الشظايا على المادة.

■ نقوم بتثبيت الشظايا فوق المادة وذلك بالضغط عليها بشكل جيد.

■ نقوم بلف المواد بالنايلون.

■ نقوم بلف المواد باللاصق والضغط مرة أخرى عليها.

■ نقوم بوضع المواد داخل السترة والقيام بتوصيل الدائرة النارية مع الصاعق(ميكانيكى أو كهربى) مراعيا اتجاه الموجة الإنفجارية.

شكل الحزام النهائي

السيارات المفخخة

- **التعريف** : هو أحد الأسلحة المضادة للأفراد والمدرعات التي تستخدم الموجة الانفجارية والشظايا والتفتت الناتج عن الموجة لتحقيق الأثر المطلوب في الهدف المنتشر في جميع الإتجاهات ومن الممكن تركيزه في جهة معينة بشكل اكبر.
- **ملاحظة:** جزء من المادة مقتبس من موضعات لذو البجادين حفظه الله بتصرف

■ مكونات السيارة المفخخة :

- الية او عربة
- المادة المتفجرة والمحرض (البوستر)
- دائرة التوصيل
- أداة التفجير
- أداة التحكم

أولا : الآلية او العربة

وهي اساس في هذا الموضوع لا بد منه وهو واضح من العنوان

من الممكن ان تكون الآلية سيارة عادية او سيارة نقل او شاحنة او صهريج او مدرعة ومن الممكن تفخيخ سيارات العدو دون علمه

ثانيا: المادة المتفجرة والمحرض (البوستر) :

ويشترط فيها :

أ . أن تكون القوة لها كبيرة لأنه كلّما زادت قوة الإنفجار للمادة كلّما كان تاثيره وتدميره اكبر. مثلاً (TNT) (مركب B) ونترات الامونيوم وغيرها .

ب . أنها تحتاج الي محرض قوي وبكمية كبيرة نوعا ما لضمان تفجير كامل واقوى.

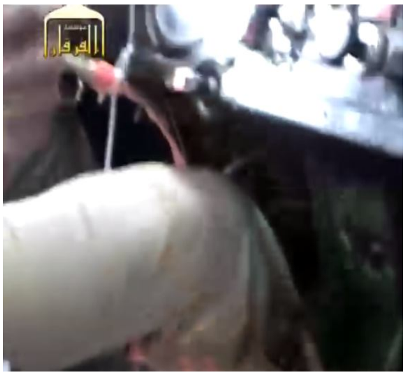
ج. دائما نختار المواد ذات موجة التفتيت الاكبر لا الصعق الاكبر لان المواد ذات الصعق الاكبر تكون قويا جدا في دائرة الصعق وذلك على حساب موجة التفتيت.

س : ما هو سبب عدم استخدام C4 كمادة متفجرة في السيارات المفخخة ؟؟؟

ثالثًا: دائرة التوصيل

هناك عدّة أنواع من دوائر التوصيل :

أ **دائرة التوصيل النارية** ويفضّل استخدام دائرة التوصيل النارية على التوازي من عدة نقاط.



وهذه الدائرة معتمد عليها في اغلب ساحات الجهاد ويتم عمل نوعان او اكثر من ادوات التفجير ففي نهاية الفتيل الانفجاري يتم وضع صاعق كهربائي وغيره طرقي لحظى وغيره لضمان تفجير اكبر

ب . . دائرة التوصيل الكهربية (التوالي أو التوازي)

ملاحظة : يتم استخدام دائرة التوصيل على التوازي فيها وفي غيرها وذلك لتفادي عيب دائرة التوصيل على التوالي التي تؤدي إلى فشل الدائرة بالكامل في حال فشل أحد الصواعق.

تتألف الدائرة من

١. الأسلاك الكهربية ٢. صواعق ٣. زر أمان ٤. كبسة التشغيل ٥. بطارية.

رابعاً: أداة التفجير:

أداة التفجير تكون : (كهربية ، ميكانيكية)

كهربائية

ميكانيكية

خامسا: أداة التحكم:

استشهادي: ويكون هو قائد السيارة ويكون له مواصفات خاصة

تحكم عن بعد: وفيها يتم ركن السيارة في المكان المحدد ويتم مراقبته وتفجيره عن بعد

توقيتي: ان يتم وضعها في معسكرات العدو واماكن سكناهم ونتحرى عدم وجود مسلمين في المنطقة ويتم توقيتها والانسحاب وتنفجر حين ياتي التوقيت

وهذا توضيح مبسط لكيفية تجهيز السيارة المفخخة طبعا تغير حسب الموجود

❖ بعد التوكل على الله وبعد تحديد الهدف وكم نحتاج من المواد لتخريبه نحضر السيارة اللازمة

❖ وحسب نوع السيارة نحدد كيفية وضع المواد المتفجرة في عبوات صغيرة او صناديق متوسطة او قذائف مدفعية او براميل كبيرة

❖ بعدها نحضر الحشوة المحرضة من الممكن ان تكون فتيل متفجر او مواد قوية حسب المواد المتفجرة

❖ دائرة التوصيل من الممكن ان تكون فتائل متفجرة أي دائرة نارية او صواعق كهربائية طبعا حسب الافضل

❖ اذا كانت الدائرة نارية ننتبه بان لا ياتي ثقل كبير على الفتيل حتى لا ينفجر حين التجهيز

❖ نقوم بوضع الية التفجير بالقرب من السائق ونضع اكثر من جهاز تفجير لضمان التفجير

❖ نقوم بتمويه العبوات تمويها جيدا بحيث لا تلاحظ قبل التنفيذ وان كانت المواد موضوعة في مؤخرة جيب فبالإمكان تغطيته بشادر وربطه العبوات المتفجرة جيدا حتى لا تؤثر سرعة السيارة وتحركها عليها فيفشل الانفجار.

<u>**و هكذا تكون السيارة جاهزة للانطلاق والتنفيذ بإذن الله القوي المتين القهار**</u>

وهذا صورة لسيارة مفخخة في بلاد الرافدين في الموصل كما نلاحظ ان السيارة فخخت بقذائف مدفعية كبيرة ودبات بلاستيكية مليئة بالبنزين

حساب كمية الجرعة المنشطة ، المحرض (البوستر)

سنتكلم عن الحسابات ببعض من التفصيل في الحديث عن توجيه السيارات لاحقا.

بخصوص تفجير خلائط النترات بالأطنان فسنعتمد على هذه القوانين حتى يسهل علينا التفجير بيسر وسهولة وسنعتمد خليط الانفو المكون من نترات الأمونيوم + الديزل او البنزين كمقياس وعلية يمكن حساب تفجير الخلائط الاخرى حسب قوتها وسرعتها الانفجارية

لنقل جهزنا كمية طن من خليط الانفو ونريد تفجيره ؟؟

بما ان الخليط هو عبارة عن طن اذا لا يمكن لأي صاعق ان يفجر هذا الكم الكبير من المتفجرات خاصة وان خليط الانفو ليس من المتفجرات القوية رغم ان كمية الطن منه تدمر مباني إسمنتية ولذلك سنعتمد على جرعة منشطة تكون الفاصل بين الصاعق وخليط الانفو .

والجرعة المنشطة : هي التي تلعب الدور الكامل في قوة انفجار المتفجرات بكميات كبيرة فان كانت قوية كان الانفجار اقوى والعكس صحيح .

١- ان استخدمنا جرعة منشطة من مادة متفجرة قوية مثل TNT فان حوالي ٢٠ الى ٢٥ كجم من TNT سوف تفجر الطن من خليط الانفو على اساس ان كل ١كجم الى كيلو ونصف تفجر كمية ٥٠ كجم من خليط الانفو (قاعدة) .

٢- اما ان توفرت لدينا مادة متفجرة اقوى من TNT فنعتمد هذا الاسلوب اولا يجب ان نعرف قوة انفجار المادة التي لدينا لمقارنتها بـ TNT لنقل انها مادة حمض البكريك وكما هو معروف فان حمض البكريك المتفجر يساوي تقريبا ١،٦ من قوة TNT ، أي ان انفجار واحد كجم من حمض البكريك يعادل انفجار ١,٦كجم من TNT

اذا نقوم بعملية حسابية وقد تكلمنا عنها في ابواب سابقة :

٢٥ / ١،٦ =١٥،٦٢٥ غرام يعني حوالي خمسة عشر كجم وبضعة جرامات من حمض البكريك المتفجر تفجر كمية الطن من خليط الانفو وهكذا عند استخدام أي جرعة اخرى من مادة اقوى من TNT نعتمد هذة الطريقة في الحساب .

أما ان لم تتوفر لدينا جرعة منشطة من مادة قوية كـ TNT او اقوى منها يمكن استخدام جرع منشطة اخرى مثل أي خليط متفجر اخر حتي وان كان خليط نترات اخر .

مثال لدينا خليط متفجر مكون من نترات الامونيوم + بودرة الالمنيوم كيف يمكن ان نستخدمه كجرعة منشطة لتفجير كمية طن من خليط الانفو ؟؟

بما ان خليط نترات الأمونيوم + بودرة الالمنيوم قوته ليست بقوة الـ TNT بل تعادل تقريبا ثلاثة ارباعة ولكن سنعتبر هذا الخليط يعادل نصف انفجار الـ TNT **(اعتماد مبدا يزيد ولاينقص)** يعني ان انفجار كجم من خليط نترات الأمونيوم + بودرة الألمنيوم يعادل انفجار نصف كجم واحد من الـ TNT اذا ستكون العملية الحسابية على هذا الاساس:

٢٥ / ٠,٥= ٥٠ كجم ،يعني ان كمية ٥٠ كجم من خليط نترات الامونيوم + بودرة الالمنيوم سوف تكون جرعة منشطة لتفجير خليط الانفو وهكذا نعتمد أي خليط متفجر اخر اقل من الـ TNT لتفجير الطن انفو.

طريقة ترتيب المواد المتفجرة :

إذا لنقل وضعت كمية الطن من خليط الانفو في سيارة معدة للانفجار يتم وضع الجرعة المنشطة في وعاء بلاستيكي بة خليط نترات الأمونيوم + بودرة الألمنيوم في وسط خليط الانفو ثم يدخل به صاعق قوي وبما ان كمية ٥٠ كجم من خليط نترات الأمونيوم وبودرة الألمنيوم ايضا لا تنفجر بصاعق واحد يفضل عمل جرعة منشطة خفيفة هيا عبارة عن ١٠٠ غرام من خليط مكون من ٣٠ غرام مادة نيتروجلسرين المتفجرة + ٧٠ غرام نشارة خشب نضع بها الصاعق المكون من ٥ الى ١٠ غرام من مادة بروكسيد الاسيتون ثم يوضع الكل في قلب الخمسين كجم لخليط نترات الامونيوم + بودرة الالمنيوم الذي بدوره يوضع في وسط الطن من خليط الانفو وتصبح السيارة جاهزه للتفجير ان شاء الله .

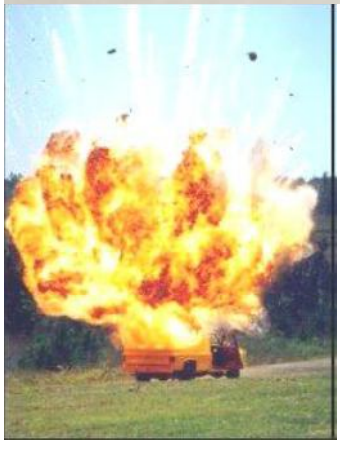
طريقة عمل جرعة منشطة من مادة النتروجليسرين لتفجير الخلائط العديمة الحساسية كخلائط النترات المتفجرة :

يمكن استخدام النيتروجلسرين وحده أو مخلوط مع نشارة الخشب كمنشط أو بادئ لغيره من المتفجرات ويفضل الأخير لانه يقلل من حساسية النيتروجلسيرين .

اولا: نجهز وعاء به نشارة الخشب (المطلوبة) ثم اسكب فية سائل الينتروجلسرين كما فى الصورة توضح كمية النيتروجلسيرين المطلوبة فوق نشارة الخشب

ثانيا: قم بخلط النشارة مع النيتروجليسرين بهدوء طبعا بعد لبس قفازة لليدين لان المادة سامة وتدخل عبر مسامات الجلد لذا الحذر أخي المجاهد البس القفازات .

ثم تضع الخليط فى كيس بلاستيكي بهدوء



و يمكن وضع الخليط فى أنبوب بلاستيكي عندما تكون الجرعة المنشطة كبيرة الحجم .

صورة لانفجار سيارة مفخخة بكمية ٥٠٠ كيلو من خليط الانفو

موضوع خاص/ توجيه السيارة المفخخة

مقدمة

بداية ننبه ان هذا الموضوع قد تم نقله بتصرف يسير من موضوعات ذو البجادين حفظه الله

حينما نفكر في ضرب هدف ما لنعتبر الهدف بناية سوف يخطر ببالنا طبعا استخدام مواد متفجرة وطبعا المواد المتفجرة اللازمة لضرب هذة البناية لن تكون كيلو او اثنين بل ستكون طن وما فوق اذا ستخطر ببالنا سيارة لكي تحمل هذا الكم الهائل من المواد المتفجرة ولإيصالها الى اقرب نقطة من الهدف هذا ما سيخطر ببالك اخي او أي شخص ينوى تدمير بناية او على الاقل يجعل منها مكان لا يصلح للسكن بل للعبرة .

لذا فاسهل طريقة املاء السيارة باكبر كمية من المتفجرات واقترب من الهدف اكثر ما تستطيع وفجر السيارة وبهذا تدمر الهدف واحياننا لاتدمر بل تدمر جزء منة وهكذا .

وهذا ما يحصل في اغلب الغزوات من حولنا سواء في جزيرة العرب او في بلاد الرافدين وخراسان او أي مكان رغم بعض الاستثناءات كغزوة بالي وغزوة تدمير السفارة الاسترالية في اندونيسيا

ولذلك قد يطرأ سؤال هنا لماذا لا يركز المجاهدون في توجيه العبوات (عبوات السيارات) ؟؟؟

- الاهداف غالبا تكون اكثر من بناية قد تكون مجمع او مبني سفارة يتالف من اكثر من بناية ولذلك نلاحظ الاخوة المجاهدين المعدين لتلك الغزوات لا يركزون على مبدا توجيه العبوة لان انفجار العبوة ينفجر بنفس التأثير في جميع الجهات وهو المطلوب لتفجير تلك البنايات في وقت واحد
- لذلك ينحصر اكبر هم لدى المجاهدين و هو ايصال السيارة المفخخة الى اقرب نقطة من الهدف وتكون السيارة في وسط الهدف لضمان ان يصيب انفجارها كل جزء في ذلك الهدف
- فلا بد ان ننبه انه قد يهتم بعض المجاهدين بموضوع توجيه العبوات الموضوعة في السيارات ولذلك سوف نذكر اهم النقاط التي تهتم بهذا الموضوع رغم ان اكبر عامل لتوجيه العبوات هو ان تكون باكبر كمية ممكنة فكلما كبرت العبوة كان انفجارها اقوى

سنجعل شرحنا قريبا من فعل الخبراء دون ان ندخل في التفاصيل الى ترهق العقول ،، وسنحاول ان ينصب شرحنا في نهر واحد اسمه المجاهد القوي فكما تعلمون ان الله تعالى يحب المؤمن القوي وهذا الشرح القادم هو جزء بسيط خاص بهذا الموضوع .

اولا :

❖ ان استخدام أي سيارة لتفجير بناية او سفارة يخضع لمبدأ اسمة الحشوة الصدمية وقد تكلمنا عنها سابقا أي استغلال الصدمة الذي يولدها الانفجار في تدمير البناية فلا يمكن للمجاهد ان يقوم بحشو المتفجرات على جدران السفارة او البناية المستهدفة

والحشوة الصدمية تعريفها باختصار : هو القوة الناتجة من الانفجار وتاثيرها على ما حولها من بشر وحيوانات وحتى الجماد .

فكما هو معروف فان أي انفجار حينما يحصل وخاصة عندما يكون بكميات كبيرة يولد كمية ضغط جوي هائل تصل الي مئات آلاف من الباوندات في البوصة الواحدة يعني كأنك تحصر مئة ألف كيلو في ٢,٥ سنتم ونصف تخيل هذه القوة الهائلة فمثلا الانفجار الذي حصل عام ١٩٩٥ م في المبني الفيدرالي الأمريكي الذي يدعى بنائه الفريد في مدينة أوكلاهما فقد كانت المتفجرات المستخدمة حوالى ٢٣٠٠ كجم من المتفجرات القريبة من قوة خليط الانفو وقد ولد الانفجار عند انفجاره ضغط يقدر تقريبا بحوالي نصف مليون باوند لكل بوصة مربعة من الضغط الجوي لمسافة من ٢ الى ٤١ قدم من مكان الانفجار وهذه طبعا قوة هائلة قد تهلك النسل والحرث على طول تلك المسافة .

❖وللعلم فان الاعمدة الخرسانية تنهدم عند ضغط انفجاري حوالي ٣,٥٠٠ باوند لكل بوصة مربعة والانسان يذوب عند ضغط انفجاري جوي مقدارة ٢٥٠٠ باوند الى ٥٠٠٠ باوند في البوصة الواحدة .

وللموجة الناتجة من أي انفجار لها قوانين ودراسات تكلمنا عنها في موضوعها ونراجعها سريعا

فكما هو معلوم ان عند كل انفجار يحدث ٤ دوائر من التاثير :

١- دائرة مدى التخريب الكامل وهو مدى الصعق اى انه المدى الذى اذا وضعت فيه مادة متفجرة بدون صاعق فإنها سوف تنفجر بسبب العدوى.

٢- دائرة التقطيع والقذف : وهو المدى الذى يحصل فيه تقطيع اى جسم صلب وقذفه .

٣- دائرة القذف : يحدث نتيجة تأثير قوة الغازات الناتجة تقوم بدفع أى جسم فى هذه الدائرة دون الضرر بة مباشرة وقذفه .

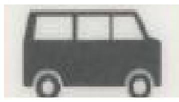
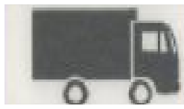
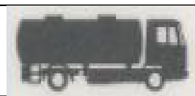
٤- دائرة التخريب الآمن (الأمان) : وهو آخر مدى يصل إليه تأثير الموجة ويكون التأثير فيه يساوى صفر أي فقط ريح قوية وصوت الانفجار .

ملاحظة : ولذلك يفضل ان لا يكون بين العبوة والهدف أي عائق لانه لابد من الاستفادة من كامل المسافة التي يصل إليها تأثير الموجه الانفجارية فلا يجب مثلا أن اضرب منشاة بعيدة عن مكان الانفجار أو يفصل بينها بناية اخرى بشكل عرضى فإن الجزء الأكبر من الموجه الانفجارية اما ان تتشتت في الهواء لبعد الهدف او تصطدم بالبنايات الغير مستهدفة .

اولا يجب ان نضع هذا الجدول ليبين لنا انواع المباني التي سوف تمر بالمجاهد وكم قوة استحمال كل مبني وهذه المعلومات ماخوذة من الموسوعة الجهادية الافغانية:-

المادة التي تقاس عليها المتفجرات في الجدول هي TNT

جدول توضيحي لكمية المتفجرات التي تستطيع حملها انواع من السيارات ومدى القتل ومدى الامان وهو ايضا المدى الامن لتكسر الزجاج

شكل السيارة	نوعها	حمولة المتفجرات	المدى القاتل	دائرة الامان
	سيارة صغيرة	٢٢٥ كجم	٣٠ م	٤٥٧م
	سيارة كبيرة	٤٥٠ كجم	٣٨م	٥٣٤م
	سيارة نقل ركاب صغيرة	١٨٠٠كجم	٦٠م	٨٣٨م
	سيارة نقل كبيرة	٤٥٠٠كجم	٩٠م	١١٤٣م
	صهريج	١٣٥٠٠كجم	١٣٧م	١٩٥٢م
	شاحنة نقل ضخمة	٢٧٢٠٠كجم	١٨٣م	٢١٣٤م

طبعا هنا سنستخدم الحشوة الصدمية باستخدام السيارات المفخخة وقد تحدثنا عنها في باب النسف والتخريب واليك قانونها

الحشوة الصدمية = ١٠ط(نوع البناء وله جدول لاحقا) × سماكة الجدار × رتربيع (بعد الحشوة ن الجدار) اي باختصار **ح = ١٠ط × س × ر تربيع**

الحجم الناتج يكون بالكيلوجرام والمسافات المستخدمة بالمتر

ملاحظة ط = معامل نوع البناء فاذا اردنا تخريب مبنى فوجب علينا معرفة نوع البناء فالطوب يختلف عن الحجارة وعن الاسمنت وهكذا لان كل بناء له قوة خاصة به واليك الجدول التالي:

نوع البناء	ط
بناء لبن بلوك	٠,٧٥ – ١
بناء لبن مع اسمنت	١,٣
بناء حجر مع اسمنت	١,٤
بناء اسمنت	١,٥
اسمنت تحصينات	١,٨
اسمنت مسلح بدون قص قضبان	٥

ملاحظات هامة جدا:

وهذه المعلومات تفيد المجاهدين في تقوية التفخيخ حسب نوع المباني:

- لقانون هدم الصالونات والمباني دفعة واحدة اذا كان البناء مركزا نضرب الناتج في ١,٣
- اذا كان البناء سجونا نضرب الناتج في ٣ اضعاف
- اذا كان مقر قيادات نضرب الناتج في ٦ اضعاف
- المعيار لقوة المادة المستخدمة هو TNT فاذا استخدمنا مادة اخرى يتغير الوزن كما سنوضح لاحقا وسنضرب بعض الامثلة

مثال ١:

هدف مبنى اسمنتي وسمك جداره المبني حوالي نصف متر ونحن نريد وضع السيارة المفخخة بعيدة عن المبنى بحوالي ٢٠ متر فما حجم المادة المتفجرة التي نحتاجها لتخريب المبنى؟

الحل

حسب القانون: ط = حسب الجدول ١,٥ لان المبنى إسمنتي

س= ٠,٥ وهي تعني نصف الجدار

ر = ٢٠ م وهي بعد السيارة عن المبنى

وحسب القانون ح = ١٠×١,٥ × ٠,٥ × ٢×٢٠ = ٣٠٠ كجم من الـ TNT

ولتقوية الضربة لتدمر المبنى بشكل افضل نضرب الناتج في ١,٣

٣٠٠×١,٣=٣٩٠ من مادة TNT

مثال ٢:

نوع المبني المستهدف اسمنت تحصينات اي ابنية عسكرية مثلا وسماكة جدرانها حوالي نصف متر ونحن نريد وضع السيارة المفخخة بعيدة عن المبني بحوالى ٥٠ متر وهنا اخترنا بعد السيارة عن الهدف بهذا البعد حتي ندمر المبني دون الحاجة الي استشهادي ودون الحاجة لدخول حوش البناء يضعها المجاهد ببعد ٥٠ متر ويتركها وتفجر اما بالتوقيت او عن بعد ،، والمطلوب كم من المواد المتفجرة نحتاج لتخريب المبني ومن فيه؟

الحل:

حسب القانون: ط = حسب الجدول ١,٨ لان المبنى اسمنتي تحصينات

س= ٠,٥ وهي تعني نصف الجدار

ر = ٥٠ م وهي بعد السيارة عن المبنى

وحسب القانون ح = ١,٨×١٠ × ٠,٥ × ٢٠×٢ = ٩٠٠ كجم من الـ TNT

ولتقوية الضربة لتدمر المبنى بشكل افضل نضرب الناتج في ١,٣

٩٠٠ × ١,٣ = ١١٧٠ كجم TNT

ملاحظة هامة: كما ذكرنا سابقا ان وحدة القياس للقانون هي TNT فاذا اردنا استبدالها باخرى نتبع الخطوات التالية

مثال:

حشوة TNT وزنها ١٢٠٠ غم نريد الاستعاضة عنها بمادة C3 فكم تلزم من الحجم؟؟

مادة C3 وحدتها = ١,٣ من مادة TNT

فتكون الكمية هي ناتج ١٢٠٠÷١,٣

TNT	C3	C4
١٢٠٠	؟؟؟؟؟	؟؟؟؟؟
قوتها ١	قوتها ١,٣	قوتها ١,٣٤

وكذلك لو كانت C4 فيكون الناتج ١٢٠٠÷ ١,٣٤ = ٩٠٠ غم

ولكن عند استخدامنا لمادة متفجرة او خليط متفجر اقل فعالية من TNT كيف نحسب كمية المادة المتفجرة اللازمة لتدمير المبني :

عند استخدامنا لخليط متفجر مثل خلائط النترات وهذا احد افضل خلائطها وارخصها ثمنا خليط يتكون من ٨٥ % نترات امونيوم + ١٠ %بودرة المنيوم + ٥ % فحم .

نجري هذه المعادلة لمعرفة كمية الخليط من خليط النترات لعمل نفس دور TNT في أمثلتنا السابق شرحها طبعا بما ان هذا الخليط ليس له مقياس مقارنة مع TNT فمن خلال التجارب على هذا الخليط اتضح ان معامل مقارنته من TNT يعادل من ٨٠ % في المائة أي (٠،٨) من TNT ، وأحيانا الي نفس فعالية الـ TNT أي (١) ولكن يجب علينا ان نعتبر هذا المقياس لاغلب خلائط النترات وحتي ان اتضح ان لبعض خلائط النترات قوة اكبر من TNT فلا فرق فهيا تفيدنا في كل الحالات فالأفضل ان نجعل لها مقياس معين وهو ٨٠ % TNT اي ٠،٨ وان زادت القوة فخير وبركة ،،،، **فالمبدأ هنا وكما هو شعارنا يزيد ولا ينقص .**

ملاحظة :- نقصد ب ٨٠ % TNT يعني انه بقي ٢٠ % لتصل قوة الخليط لقوة TNT

وتكون المعادلة :

وحدة خلائط النترات بشكل عام كما اتفقنا ٠،٨ TNT

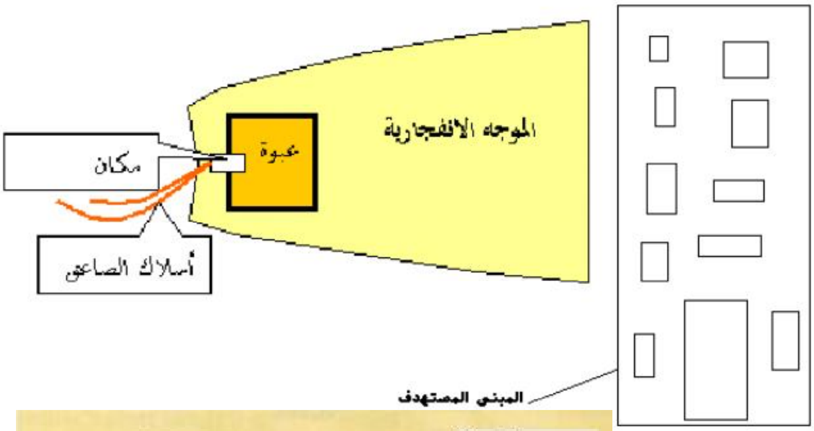
الان نقول ١١٧٠÷٠،٨= ١٤٦٢،٥ كجم نحتاج من خليط الامونال

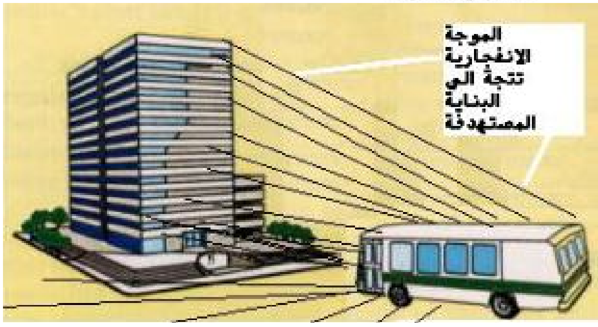
هنا سيتم توضيح كيفية استغلال اغلب الموجة الانفجارية الناتجة من أي انفجار :

يجب ان نعلم انه لو اعتمدنا أسلوب الحشوات الصدمية في السيارات المفخخة ففي نفس اللحظة الذي يتم فيه تدمير المبني المستهدف فانه يتم تدمير أي بناء حوله سواء قريب او بنفس بعد الهدف لان الموجة الانفجارية تتجه في كل اتجاه بنفس القوة **وهنا يأتي التوضيح بشكل أدق :**

- ❖ فقد درسنا ان الحشوة عند انفجارها فانها تتجه في جميع الاتجاهات بنفس قوة الموجة ونستطيع القول بان قطر التفجير لاي حشوة = ٠،٣ من مركز الحشوة فكل شئ يقع ضمن سير الموجة معرض للتلف بقدر قيمة الموجة فنستغل هذه النقطة بتوجيه قوة كل الموجة الي الجسم المراد تفجيره
- ❖ وفي حالة اراد المجاهد هذه القدرة من التدمير لما حول المبني المستهدف فتعتمد الطريقة التي شرحنها سابقا وهي تنفع لتدمير مجمعات سكنية فهي تضرب اكثر من مبني بنفس القوة التدميرية

❖ اما اذا اراد المجاهد توجيه السيارة المفخخة إلى مبني بحد عينة فهنالك طريقة بسيطة وهي اعتماد كمية المتفجرات التي شرحناها سابقا أي بطريقة الحشوات الصدمية ولكن بدل ان تكون الصواعق والجرعة المنشطة وسط العبوة توضع الصواعق والجرع المنشطة عكس الهدف بمعني اذا كان الهدف امام السيارة فان الصواعق والجرع المنشطة توضع خلف السيارة باتجاة الهدف كما في الشكل المبسط تحت .





قد يطرا سوال بما اننا سوف نستخدم فكرة توجية الموجة الانفجارية كاملة للمبني المستهدف فمن المفروض ان تقل المادة المتفجرة اقل بمرة ونصف يعني ان كان استخدامنا ٣٠٠ كجم TNT لضرب عدة مباني في نفس الوقت فان بطريقة توجيه الموجة الانفجارية الى مبني بحد ذاته فان المادة المتفجرة تكون من ١٥٠ كجم TNT الى ٢٠٠ كجم على اقل تقدير؟؟

الاجابة :

نقول له نعم هذا صحيح نظريا ولم يجرب عمليا ونحن لا نترك شئ بدون اخذ بالأسباب لذا فالافضل ان توضع في السيارة المفخخة الكمية المطلوبة على اساس حشوة صدمية وبعد ذلك بطرق معينة كطريقة وضع الصواعق والجرعة المنشطة خلف العبوة معاكسة للهدف نستفيد من اغلب الموجة الانفجارية الناتجة من الانفجار وبهذا نضمن دمار كلي للمبني ولمن فيه من الكفرة واليهود .

ملاحظة مهمة : اغلب الأرقام هي تقريبية ولذلك على المجاهد استخدام كمية اكبر من الأرقام المذكورة ولا ضير من زيادة الكمية لضمان القضاء على دابر الكفار اينما وجدوا.

تفجير اوكلاهما

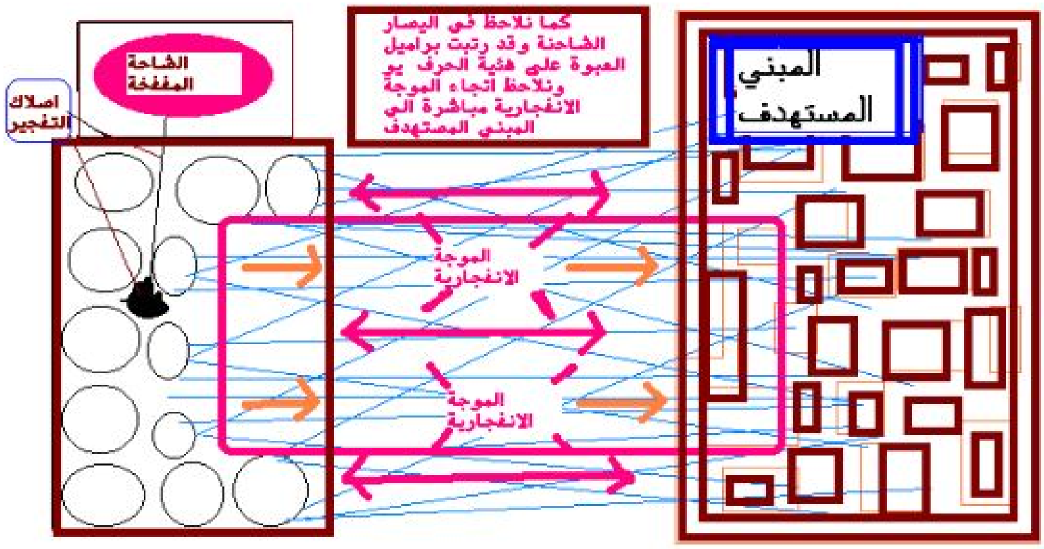
بالنسبة للتفجير الذي حصل في اوكلاهما وكيفية الاستفادة مما حصل في اعداد عبوات موجهة فقد تحدث الامريكان بشكل كبير عن هذا الحادث لما كان له من اهمية في ذلك الزمان خاصة وانه كان مدمر وتبع عملية اخونا المجاهد رمزي يوسف عام ١٩٩٣ م في بدروم مركز التجارة العالمي الذي دمر في غزوتي نيويورك وواشنطن .

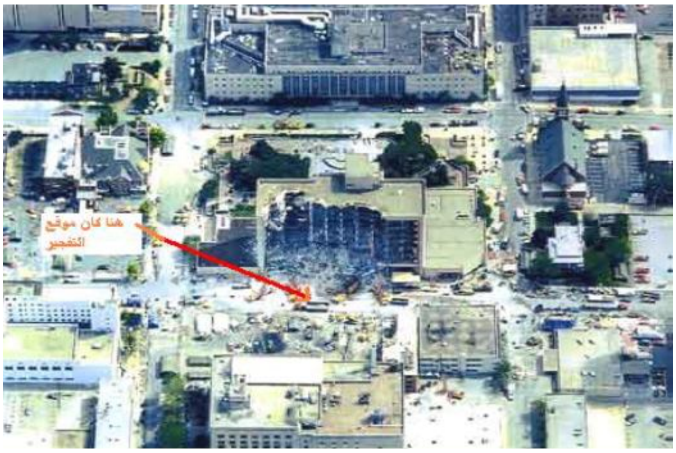
فقد كانت عملية التفجير في اوكلاهما عبارة عن شاحنة نصف نقل من النوع الكبير الذي يتحمل ما فوق الطنين تقريبا ٢٣٠٠ كيلو وقد كانت العبوة عبارة عن ١٣ برميل بلاستيكي قوي اربعة منها معبأة بخليط النترات والديزل وباقي البراميل معبأة بخليط النترات والنتروميثان (هو وقود سيارات السباق ومتوفر في البلاد الغربية بشكل كبير) وقد استخدم المنفذ حوالي ١٥٠ كيلو من المواد المتفجرة (مادة البيتان المتفجرة) على هيئة جرعة منشطة و فتيل صاعق قوي تم ربطها حول كل برميل من تلك البراميل المتفجرة كجرعة منشطة .

وقد شكلت البراميل داخل الشاحنة على هيئة الحرف(U) باتجاه الهدف أي انها موجهه للبناية المستهدفة بحيث تتركز الموجه الانفجارية في خط واحد وقد دمر المبني كليا تقريبا شاهد الصفحات القادمة

كيف شكلت البراميل المتفجرة داخل الشاحنة ولماذا ؟؟؟

وهذه صورة تقريبية لما رسمها المنفذ اثناء محاكمتة يشرح فيها كيف شكل عبوته المدمرة قد وضع في كل برميل حوالي ٢٠٠ كيلو من الخليط المتفجر تقريبا .





صور للتأثير المدمر الذي حصل بتلك البناية

راي ذو البجادين الخاص في هذا التفجير :

❖ ان قوة الانفجار بشكل اساسي كانت لانه استخدم محرض قوي لا لاستخدامه مادة النتروميثان القوية (وقود السباق) واذا خلط بالنترات يصبح اقوى من خليط النترات والديزل او البنزين

❖ ومسالة التوجيه كانت مساعدة نوعا ما

معلومات وتفاصيل عن الانفجار :

❖ ان الشاحنة وضعت بعيدة عن البناية بحوالى من ٢٠ الى ٣٠ قدم قبل الانفجار .

❖ الانفجار دمر حوالي ٢٥% من البناية واثر الانفجار بحوالي٢٧٠ منزل قريب من البناية

❖ ينصح استخدم خليط الانفو بعد الخلط لانه لو ترك فترة طويلة فان الديزل يترسب إلى الأسفل ولا تنفجر النترات الا جزئيا .

❖ قدرت تكلفة قنبلة مكافي في البداية ب ١٠٠٠ دولار ولكن بعد ان عرف انه استخدم في التفجير مادة النتروميثان وقود سباقات السرعة قدرت تكلفة العبوة ب ٥٠٠٠ الف دولار .

❖ البناية التي دمرت كانت مسلحة بالفولاذ وطوابقها تسعة وقد تحطمت ٨ اعمدة رئيسية .

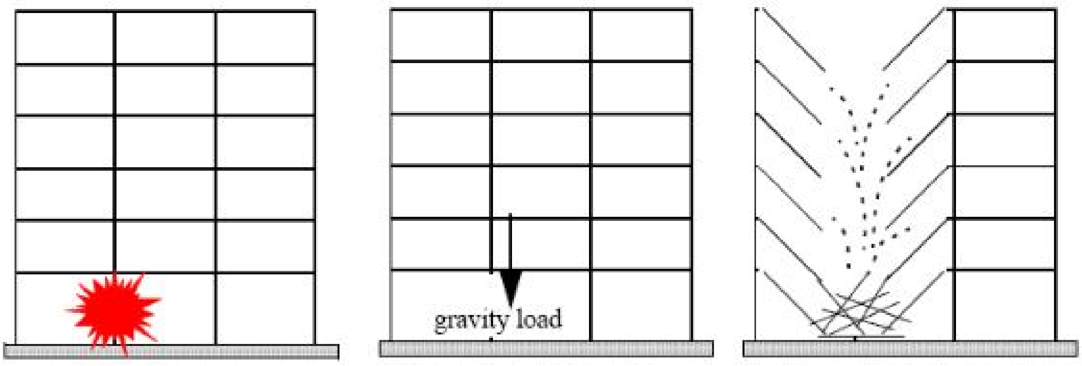
❖ الجرعة المنشطة وهي عبارة عن حبل صاعق وكانت من مادة متفجرة قوية مكونة من البيتان ووجدت على ملابس المنفذ وقال المنفذ انه استعملها في ربط البراميل بعضها ببعض.

❖ كان عمق حفرة الانفجار كانت بعمق ٦ اقدام وعرض ١٦ قدم ولكن الحكومة الأمريكية قالت ان العرض ٣٠ قدم .

❖ ان المنفذ حاول الحصول على مادة الهيدرازين بدل الديزل والنتروميثان ولكن لم يستطع الحصول عليه .

تفجير الخبر

بالنسبة لغزوة الخبر فالموضوع لا يختلف عن تفجير اوكلاهما بفارق انه تم استخدام متفجرات عسكرية في تفجير الخبر وبكمية كبيرة جدا قدرت حينها بحوالى ٩ الى عشرة طن من المتفجرات الشديدة الانفجار وهذا ما اكده الاثر المدمر على المجمع الذي كان يسكنه جنود امريكان وايضا الحفرة الناتجة من الانفجار فقد كانت تقريبا بعمق ٣٥ قدم وقطر ٨٥ قدم وهنا لم يعتمد مسالة التوجيه بل بكمية المتفجرات المستخدمة وبالفعل كان انفجار ضخم بكل معنى الكلمة وتم ضرب البناية في الخبر كما في الصور مما ادى قرب انهيار البناية واعتقد انها انهارات ان لم تقم الحكومة السلولية بهدمها .



ملاحظات هامة جدا

يقول عبدالله ذو البجادين وهو يذكر هذه الملاحظات (ونوضح هذة النقطة على هئية نقاط فلا تستقلوا بهذا المعلومات فانها والله حصيلة سنين من السهر والاعداد لتصل لكم مفصلة وواضحة فلا تبخلوا علينا بالدعاء في الثلث الاخير من الليل) ولا تنسونا نحن

- ❖ سرعة الموجة الناتجة من الانفجارات تكون اقوي من سرعة الصوت وتصل سرعة الانفجار والموجة الانفجارية من ١ الى ١٥٠ قدم في الثانية او ٧٨٤ ميل لكل ساعة.
- ❖ عند حدوث انفجار يحصل فراغ من للهواء في منطقة الانفجار ثم يعود الهواء مرة أخرى لمنطقة التفجير بشكل عكسي وبشكل سريع وكل ذلك يكون تدميري (موضح في موضوع الموجة)
- ❖ ان انفجار ٤٢,٥ طن من غاز الايثيلين تساوي قوة انفجار ٢٥ طن من الـ TNT .
- ❖ ان عشرة طن من الـ TNT تنتج ضغط جوي مدمر حوالي (psi ٥٠٠٠) تصل الي مسافة ٣٢٠ قدم ضغط مدمر للبنايات بشكل كبير .
- ❖ الانسان يمكن ان يذوب اذا تعرض لضغط انفجاري ٢,٥٠٠ الف باوند الى ٥,٠٠٠ psi
- ❖ احد الاخطار من انفجار السيارات المفخخة هي بسبب تاثيرها على زجاج البنايات لانه عندما ينكسر ينطلق بشكل حاد ويدمر ما حوله لان سرعة طيرانه تكون اقوى من سرعة الصوت يوجد مقاطع فيديو تبين هذه النقطة
- ❖ ان الموجة الانفجارية يمكن ان تحرق أي مادة قابلة للاحتراق اذا قابلتها في طريقها
- ❖ الانسان البالغ يمكن ان يقاوم ضغط انفجاري من ٣٠ الى ٤٠ باوند لكل بوصة مربعة (psi) طبعا مع احتمال تدمير الرئيتين
- ❖ ولكن الموت الاكيد بقدرة الله سبحانه عند موجة انفجارية من ١٠٠ الى ١٢٠ (psi) وللاطفال والمسنون كحد ادني يمكن ان يموتون في ضغط انفجاري ١٠ (psi) يعني ما فوق ١٠ (psi) حسب بعدهم عن الانفجار.

وهذا مثال توضيحي لمسالة الموجة الانفجارية الناتجة عن انفجار المتفجرات .

❖ عند انفجار ٢٥٠ باوند من المتفجرات يعني تقريبا ١٠٠ كيلو وزيادة فان الضغط الجوي المتولد من الانفجار عند ٣٠ قدم يكون ١٨٢ (psi) وعند مسافة ١٠٠ قدم يكون ٩,٥ (psi) وهكذا ..... الخ والجدول يبين كل شي وكما يتضح في الجدول فمن يقع على بعد ١٠٠ قدم من الانفجار قد يتاثر فهو فوق العشرة psi

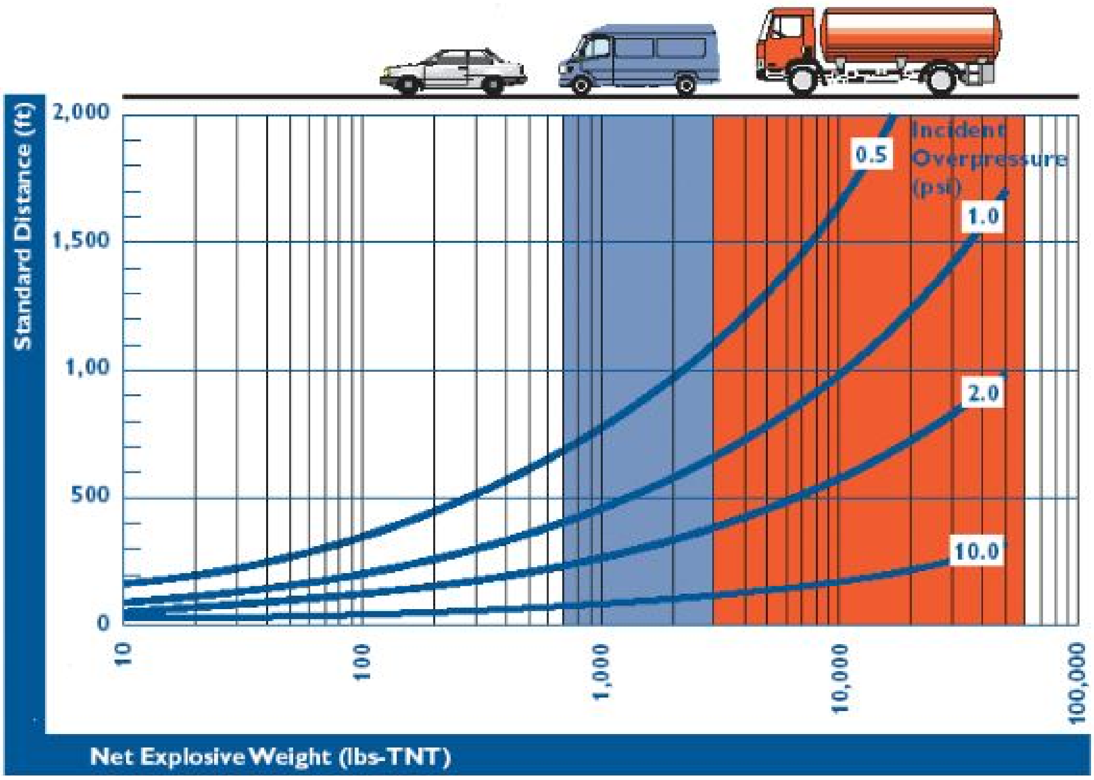
جدول خاص يبين الضغط الجوي المتولد من انفجار المتفجرات من بعد ٣٠ قدم الى بعد ١٠٠ قدم من مكان الانفجار .

Best Practices

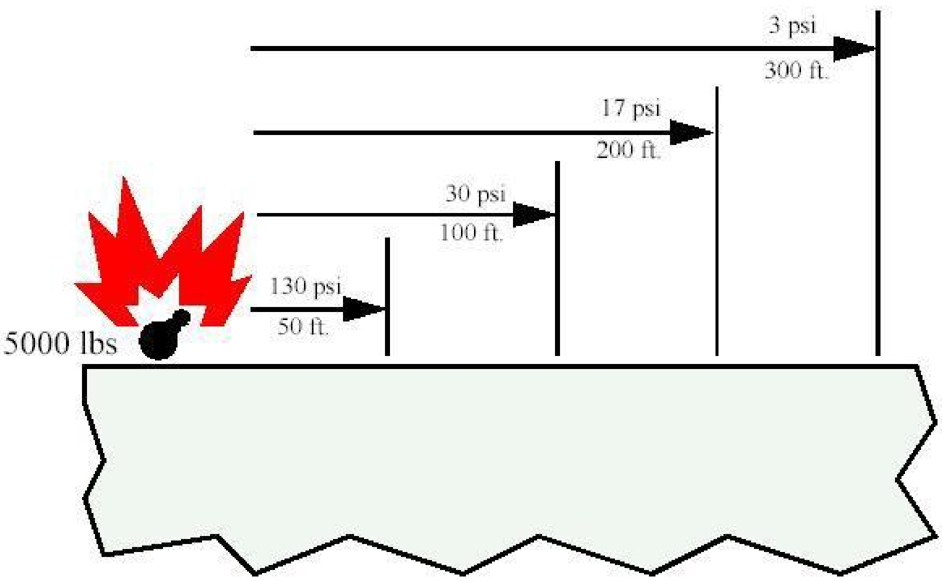
atmospheric overpressure such charges would create 30 feet and 100 feet from the blast's point of origin:

Vehicle type	Charge, in lbs.	psi at 30 feet	psi at 100 feet
Compact car trunk	250	182	9.5
Large car trunk	500	367	15
Panel van	1,500	1,063	33
Box truck	5,000	2,900	100
Single tractor-trailer	30,000	9,290	593
Double tractor-trailer	60,000	13,760	1,150

هذا جدول اخر يبين هذة النقطة :-



انفجار ٢٢٧٠ كيلو من التي ان تي القوية الانفجار تقريبا وتاثيرها على ما حولها



بعض من السيارات المفخخة حين التجهيز

عملية غزوة بقيق (متفجرات شعبية)

تم اخذ الصور من فيديو من قناة الاخبارية السلولية كيف حضروا حوالي طنين من مواد متفجرة ووضعوها في السيارة وحديد مستطيلة على كافة الخليط اغلق به لكبحه

المادة المتفجرة المستخدمة:

مواد شعبية والتي هي عبارة عن الاسمدة كنترات الامونيوم + نترات البوتاسيوم + الفحم + بودرة الالمنيوم وايضا كانوا يملكون بعض المواد العسكرية كالفتائل الصاعقة وبعض المواد المتفجرة مثل RDX وغيرها ولذلك تم استغلال تلك المواد باكملها في اعداد اكثر من سيارة مفخخة بكمية طنين تقريبا .

نسبة الخليط المستخدم

٨٥ %نترات امونيوم او نترات بوتاسيوم + ١٠ %بودرة المنيوم (نشارة اللمنيوم) + ٥ % فحم او ٩٠ % نترات + ٥ فحم % + ٥% بودرة المنيوم كلا الخليطين لهما نفس القوة ونفس المفعول التدميري .

طريقة التجهيز

تم خلط المواد بواسطة الخلاط المعروف عند البناءين ولكن بعد تسخين الخلاط اما ان الخلاط ذو امكانية خاصة بانة يسخن بواسطة الكهرباء او يتم وضع نار تحته ثم تسكب نترات الامونيوم في الخلاط الساخن حتي تذوب حتى تتخلص النترات من رطوبة الجو المشبعة بها ثم يتم اضافة بقية المواد من بودرة الالمنيوم وفحم ويخلط الجميع حتي تتمازج المواد ،، ثم يترك الخليط حتي يبرد ويصبح الخليط جاهز للتفجير فقط يتم فرشة في صندوق السيارة

ويتم ضغطها بشئ كبير مثل دبة –جرة– غاز حتي يتماسك الخليط ويصبح صندوق السيارة كانه جسم عبوة ، ثم يتم ثقب اكثر من ثقب في صندوق السيارة ناحية السائق حتي تمر الفتائل الصاعقة في كل انحاء الخليط ثم وضعت الفتائل الصاعقة بشكل افقي او راسي حول الخليط .

ملاحظة :– لا يتم وضع الفتائل الصاعقة تحت الخليط كما قلنا سابقا لان الفتيل الصاعق قد ينفجر لو وضع فوقه وزن كبير لذلك يوضع الفتيل الصاعق فوق الخليط ،

هنا كما في غزوة بقيق يمكن ان تكون الفتائل الصاعقة كالجرعة المنشطة لماذا ؟

لان الفتائل الصاعقة تكون بها مواد متفجرة قوية وأيضا الخليط الرئيسي هو خليط الامونال وهذا الخليط ليس بالضعيف كخليط الانفو وربما ٥ الى ١٠ كجم جرعة منشطة تكون كافية لتفجيره ولكن اعتقد ان الاخوة وضعوا جرعة منشطة بجانب الفتائل الصاعقة لانه الافضل ولضمان عدم فشل العلمية او انفجار الخليط جزئيا .

ثم يوصل لاحد تلك الفتائل الصاعقة صاعق واحد الذي تتجه اسلاكه الى مقعد السائق الاستشهادي ويغلق صندوق السيارة بألواح حديدية لضمان كبح جيد للخليط بعد وضع كمية من الطباشير او الفلين او حتي الشمع المبروش حتي لايتعرض الخليط للرطوبة الجوية فيتلف ويفقد جزء من قوتة وايضا لتخزينة اطول فترة ممكنة في السيارة .

غزوة الشيخ عمر عبد الرحمن فك الله أسره

قام بهذه الغزوة تنظيم قاعدة الجهاد في العراق قبل تشكيل الدولة الاسلامية

يلاحظ من هذه الغزوة ان البراميل ليست بشكل مستقيم فيمكن ان تكون البراميل بشكل منحني قليلا، فقد تم جعلها بشكل منحني باتجاة الهدف وذلك:

لضمان وضع الصواعق وفتائلها بشكل سهل

ولضمان جعل العبوة تكون مرتفعة قليلا عن الارض حتى لاتصطدم باي رصيف او حاجز .

ملاحظة : ليس بالضرورة ان تكون العبوة المتفجرة في صندوق السيارة او موضوعة في براميل

غزوة لندن

غزوة لندن الباص قلع سقفه الأعلى بالكامل فالعبوة كانت تقريبا ما بين ٧ ألي ١٠ كجم من مادة بروكسيد الأسيتون القريبة من قوة بروكسيد الهكسامين . ففي الساعة ٩,٤٧ تم التفجير في شارع Tavistock Square في لندن بداخل باص ذو الطبقتين المشهور تم قتل ١٢ علج وجرح ١١٠ جريح من داخل الباص وخارجة المزدحم عبر الشظايا التي كانت ملتصقة بالعبوة تم وضع القنبلة على المقعد أو على الأرض في خلفية الطابق الأعلى من الباص ، الانفجار كان قوي جدا لدرجة أنة اقتلع سقف الباص

بخصوص التفجير الكيماوي

هذا الأمر طرح ونفذ من قبل عباقرة الجهاد ونخص هنا الأخ المجاهد الاسير في سجون الكفر داهية الجهاد رمزي يوسف والذي حاول إسقاط برجي التجارة عامي ١٩٩٣ م بواسطة تفجير سيارة مفخخة في بدروم إحدى البرجين وبالذات عند الدعامات الرئيسية للبرج لكي يسقط على الأخر ، وهذا هو القسم الأول من خطته .

أما القسم الثاني من خطة المجاهد والذي لم يعطي جانب قوي في الأعلام وهو أنه في نفس الشاحنة كان هنالك سم قاتل وهو سيانيد الصوديوم وبجانبه كمية من حمض الكبريتيك والذي كان في خطة الأخ المجاهد أنة عند انفجار السيارة في البدروم ولم يسقط البرج كانت سوف تتفاعل مادتي سيانيد الصوديوم وحمض الكبريتيك مكونة (غاز سيانيد الهيدروجين القاتل) والذي سوف ينطلق على هيئة سحابة كبيرة بسبب قوة الانفجار وأيضا بواسطة نظام التكييف للبرج والمصاعد والتي سوف تشفط الغاز السام وتنقله لكل غرفة في البرج مما يودي ألي هلاك عدد لا يستهان به من العلوج **ولكن ما حصل ان قوة الانفجار الناتجة من إضافة كمية كبيرة من المادة المنشطة من ازيدات محرضة أحرقت السيانيد والحمض لحظة الانفجار (الذي تسببت في عدم اندماج المادتين لتشكيل الغاز السام).**

أيضا نتذكر هنا عبقري المتفجرات أخونا عزمي الجيوسي الذي فكر باستغلال المبيدات الحشرية والمتوفرة بكثرة وبأرخص الآثمان في إنتاج غيمه سامة تنتج من انفجار كان يستهدف دائرة المخابرات في الأردن والذي حاول أيضا استغلال المخلفات البشرية أعزكم الله في السجن الذي هو فيه لإنتاج غاز الميثان المتفجر واسطوانات الغاز المستخدمة في الطبخ في إنتاج انفجار يهز السجن الذي هو فيه والهروب منه ان أمكن رغم أن العمليتين لم تنجح لمعرفة الحكومة المرتدة بها قبل تنفيذها ألا أن الأفكار تعبر عن قدرة وموهبة يمتكلها المجاهد في استغلال كل ما حوله في إرعاب وإرهاب الكفار حتى وهو في سجونهم فك الله اسر المجاهدين في كل مكان .

ما أريد أن اوصله لك أخي من هذه الامثلة أن الفكرة واردة ولكن المشكلة في الآلية التي سوف تستخدم في انتشار الغاز بل ونوع الغاز هل هذا الغاز يحترق (مشتعل) ثقله مقارنته بالهواء مثلا هذه مجموعة عناصر يجب عليك دراستها ولكن الأهم والنقطة الهامة أنة على حسب علمي لا يوجد غاز بدائي يستطيع ان يتشكل باندماج مادتين بعد انفجار ضخم جدا كسيارة مفخخة بكمية كبيرة مكونا الغاز السام هنالك طبعا قذائف متخصصة في نشر الغازات وهي معروفة وهي

أساسا تقوم بنشر الغاز وليس التدمير ولذلك تكون تلك القذائف عبارة عن عبوات متفجرة صغيرة فقط تسمح للغاز بالتشكل او الانتشار وتستخدمها الجيوش الكلاسيكية غالبا .

استخدام الكلور الأفضل حاليا للمجاهد العادي (لسهولة الحصول علية وسهولة استخدامه)

أما بالنسبة لغاز الكلور فهذا الغاز من أهم ميزاته أنة لا يشتعل وعند استخدامه لابد أن يكون الغاز جاهز للانتشار بمجرد خروجه من حاضنة وليس من تشكل مادتين لانتاجه لذلك الأفضل أن يكون غاز الكلور هو في اسطواناته (حواضنه) الخاصة والتي تدعي الكلورين السائل المضغوط والذي هو في الأساس ٣٠ م تحت الصفر وبذلك يسهل خزنه وبطريقة ضغط معينة تحت شروط معينة يتم ضغطها وحين خروجها من حواضنها بواسطة أي انفجار تعود لشكلها السابق وهو غاز الكلور وبكميات كبيرة وتشكل سحابة كبيرة تنتشر ببطء خاصة وان غاز الكلور أثقل من الهواء مرتين ونصف ولذلك يبقي في المناطق المنخفضة أي قريبة من مستوي تنفس البشر لفترات طويلة نسبيا مما يودي إلى تخريب المجاري الهوائية لعملية التنفس لدي الإنسان وبالتالي إلى تهتك أغشية الشعب الهوائية ويملأ الرئتين بكمية من السوائل التي تسبب انسداد قنوات التنفس وأيضا أن غاز الكلور يؤثر على النباتات ويحول لونها الأخضر إلى اللون الأصفر ويتلف أوراقها حتى من كان يتعرق أو مبلل بالماء يحترق وجهه وجسمه لان غاز الكلور يتحد مع الماء مشكلا حمض الهيدروكلوريك الحارق أو التسمية العامية (الفلاش منظف الحمامات المعروف) .

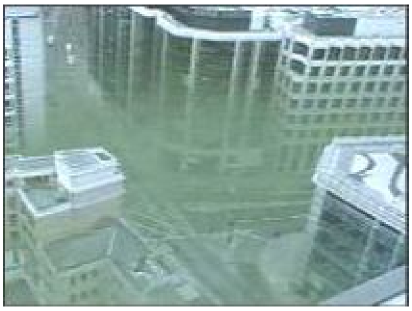
وللعلم آخى فقد نشرت عدة مواقع حكومية تقريراً أمنياً سرياً ، أعدته وزارة الأمن الداخلي، يحذر الولايات الأمريكية من عدد من السيناريوهات المحتملة لهجمات إرهابية قد تتعرض لها الولايات المتحدة ومنها حسب صحيفة التايمز :

سيؤدي تفجير اكثر من خزان كبير في منطقة سكنية مزدحمة يحتوي على الكلورين السائل إلى مقتل ١٧٥٠٠ شخص، وجرح ما يزيد على ١٠٠ ألف آخرين (اختناقات وحروق وتدمير جزئي لأجهزة التنفس ... الخ) .

وللعلم قد حاول بعض العلماء ضغط كمية من الكلور في علبة شبيهة بعلبة التونة وقد انفجرت هذه العلبة بشكل مخيف وتم مقارنة هذا الانفجار بان انفجار كمية ٦٨ غرام من الكلور السائل المضغوط يعادل انفجار ٣٠ غرام من TNT إذا في حالة استخدام الاسطوانات المملوءة بالكلور السائل في السيارات المملوءة بالمتفجرات فبغض النظر عن الغاز السام الناشئ من خروج غاز

الكلور من اسطوانته فان قوة الانفجار الأولي لخروج هذا الغاز بعد الانفجار مباشرة يكون بسرعة مذهلة ويعتمد المقياس الذي فوق (كل كمية ٦٨ غرام من الكلور السائل المضغوط يعادل انفجار كمية ٣٠ غرام من TNT) ويتم القياس على المقياس وكبر الاسطوانات المحملة بالكلور السائل المستخدمة في التفجير .

وذلك يعني ان استخدام الكلور السائل المستخدم في تنقية المياه له عدة فوائد منها انفجار شديد وغاز سام قاتل ينتشر في المكان صورة توضيحية تقريبية للسحابة الخضراء المتكونة من إذا تم تفجير خزان كبير به غاز الكلور بكمية كبيرة في وسط لندن مثلا تقديرات أولية يسبب انتشار الغاز مقتل ٧ آلف العام أو الحي Shoreditch علج تقريبا وبالذات لو تم الانفجار في شارع التجاري في لندن (والأفضل أن يتم التفجير في شرق لندن لظروف الجو والرياح وأيضا لأنها من ألاماكن الأكثر ازدحاما وتواجدا للناس في لندن) .



أخي الكريم لابد لك من تصنيف تضعه في بالك بالنسبة للغازات سواء المتفجرة او السامة وبالذات الغازات المتوفرة من حولنا وفي الغالب تكون مضغوطة في اسطواناتها وأيضا هل يمكن دمجهما في عملية واحدة أم لا ، كل هذا يندرج في إطار الخصائص لكل غاز والإبداع من قبل المجاهد .

القسم الأول استخدام الغازات المضغوطة والمتوفرة بشكل طبيعي من حولنا واستغلالها في العمليات الجهادية كناتج سام أي كغاز سام ينتشر بعد الانفجار (عبوة أو سيارة مفخخة) يساعد في رفع منسوب الضحايا من العلوج مع تفضيل استخدام هذه الغازات دون أي تفجير لضمان نشر الغاز بشكل جيد فقط تفجير يكفي لفتح فتحة في الاسطوانة الغازية فقط وليس في انفجار كسيارة مفخخة مثلا مثل غاز الكلور ، وغاز سيانيد الهيدروجين ، وغاز كبريتيد الهيدروجين وغيرها طبعا بعد اعداد مخطط يضمن انتشار الغاز دون أن يتأثر بحرارة وقوة الانفجار اكرر ملاحظة بما انك ستستخدم غازات مضغوطة ليس لها دور في تقوية الانفجار كانفجار وانما لكي تستفيد من سمية تلك الغازات في القتل اذا يفضل استخدام العملية كعملية نشر غاز ولا نستخدم في العملية أي انفجار وهذا الأفضل ألا في حالة غاز الكلور كما بينا سابقا لماذا .

أما القسم الثاني وهي أيضا استخدام الغازات المضغوطة والموفرة من حولنا بشكل طبيعي واستغلالها لتقوية الانفجار وجعله اكثر فتكا وحرقا لما حوله مثل غاز الاستليين غاز اللحام (ورش السيارات) والهيدروجين والأوكسجين والبروبان و البيوتان (غاز الطهي) كل هذه الغازات تكون (كلها كغاز مضغوط في اسطوانات) .

اما مسالة الإبداع والاختراع لدى المجاهد والذي تكلمنا عنها سابقا سأوضح بمثال بسيط ببساطة يمكن من خلال هذه المعلومة مثلا إعداد مخطط من قبل مجاهد لدية خيال خصب والمعلومة هي ببساطة (أن تفاعل غاز أول أكسيد الكربون مع غاز الكلور تحت أشعة الشمس ينتج لنا غاز الفوسجين السام) . كما نلاحظ فان هذه المعلومة يمكن أن يستغلها المجاهد في فكرة بسيطة فكرت بها انا– ذو البجادين– خلال دقائق فما بالك لو تفكر أنت أخي المجاهد فربما ما لديك أفضل مما وضع وهكذا فكرتي ببساطة هو تجهيز أكثر من اسطوانة لغاز الكلورين السائل والمتوفر في محطات تنقية المياه وأيضا اعداد خليط مكون من حمض الكبريتيك وحمض الفورميك ولا يتفاعلان إلا وقت اللزوم (الهجوم) لإنتاج غاز أول أكسيد لكربون ويتم أعداد شاحنة تحتوي على هذه الأشياء طبعا بأسلوب وتخطيط دقيق عنوانه الابتكار والإبداع لدى المجاهد وعند نقطة البدء يخرج غاز الكلور من اسطوانته الحاضنة وأيضا يتفاعل خليط الكبريتيك وحمض الفورميك وبهذا ينشا لنا غازين قاتلين الكلور و أول أكسيد الكربون وعند تعرضهما للحرارة الشمس ينشا غاز سام وقاتل آخر وهو الفوسجين السام (أي أن العملية لابد أن تتم في النهار تحت أشعة الشمس أي مكان مكشوف وقت الظهر مثلا) .

للعلم غاز الفوسجين السام : أقوى سمية من غاز الكلور بست مرات .

كان ذلك مثال نظري لا غير ولا تنسى أخي المجاهد (خيالك هو حدودك) .

وللعلم لا تستخدم في هذا المخطط أي تفجير أو أي مادة متفجرة لان غاز أول أكسيد الكربون قابل للاشتعال حيث يتحول إلى ثاني أكسيد الكربون، وخلطه في حيز مغلق مع الهواء أو الأكسجين بنسب معينة يكون قابلاً للانفجار في وجود لهب أو شرر. (مجرد معلومات مختارة صغيرة تساعدك وتفتح لديك الطريق وأنت ابني عليها عمليات تهز عروش الكافرين)

ومعلومات إضافية قد تفيدك اخي الكريم هل تعرف الغاز السام كبريتيد الهيدروجين اذا كان في مكان ضيق أو خزان مثلا مع الهواء بنسبة (٤٦ %، أو ٤٣٠٠٠ – ٤٦٠٠٠٠ ppm) فانه يعتبر خليط متفجر ويعادل مدى اشتعاله وانفجاره تقريبا سبعة مرات اكبر من المدى القابل

للاشتعال للجازولين . و غاز الهيدروجين المعروف إذا وضع في وعاء بنسبة ٣٠ % و ٧٠ % أوكسجين فيكون لديك خليط متفجر أقوى حتى من خليط غاز اللحام الاسيتلين والأوكسجين (الهيدروجين المضغوط لو يوضع بجانب أي عبوة ناسفة فأنة يضاعف الانفجار بشكل كبير جدا أقوى من أي غاز مضغوط أخر) **وقد تكلمنا عنه في موضوع العبوات**

وهذه صورة نادرة للتفجير الاول في بدروم احد ابراج التجارة العالمي في عام ١٩٩٣م والتي كانت العبوة عبارة عن طن مكونة من ٦٠٠كجم نترات يوريا مطعمة بالازيدات المحرضة وجرعة منشطة من مادة النتروجلسرين وباسطوانتين من غاز الهيدروجين المضغوط

وضعت اسفل العبوة المتفجرة وكمية من سيانيد الصوديوم وحمض الكبريتيك لانتاج غاز سيانيد الهيدروجين السام والذي احترقت بسبب قوة الانفجار

بامكانكم الاستزادة بمشاهدة ومتابعة اصدارات العمليات الاستشهادية

حـــرب الألغــــام

لمحة تاريخية عن الألغام

– منذ أكثر من قرن، ابتكرت فكرة الألغام في الأوساط العسكرية، وكانت تعني حفر نفق تحت تحصينات العدو، توضع فيه العبوات الناسفة لتدمير هذه التحصينات.

ثم اتخدم اصطلاح اللغم بعد ذلك لأي عبوات ناسفة، تدفن تحت سطح الأرض مباشرة، وتزود بوسيلة تفجير، تنفجر لدى دوس العدو فوقها. وقد استخدمت في الحرب العالمية الأولى (١٩١٤ . ١٩١٨)، كوسيلة للدفاع ضد الدبابات، وأدى استعمالها إلى تطويرها، وتحويلها إلى تصميمات ثابتة.

وكان بعض منها متطوراً للغاية خاصة بعد تصنيع المادة المتفجرة TNT ، والتي كانت بمثابة بداية صناعة الجيل الأول من الألغام المضادة للدبابات، والتي أصبحت جزءاً من تسليح مختلف الجيوش.

وقد استخدمت، بكفاءة عالية، في الحرب العالمية الثانية، إذ استعمل أكثر من ٣٠٠ مليون لغم مضاد للدبابات، سواء من قبل قوات الحلفاء أو دول المحور. فتوطدت بذلك مكانة الألغام في ترسانات الجيوش.

–وكان من مساوئ استخدام الألغام، في الحرب العالمية الثانية، سهولة اكتشافها لكبر حجمها، ومن ثم يمكن للعدو إزالتها بسهولة، والاستيلاء عليها لإعادة زرعها لمصلحته.

لذا، صّنع الجيل الأول من الألغام المضادة للأفراد، لتزرع مع الألغام المضادة للدبابات، وتكون سلاحاً معاوناً يعمل جنباً إلى جنب معها، بما يضمن عدم اقتراب أفراد العدو عند محاولتهم إزالة الألغام الأساسية.

– استمر تطوير الألغام ووسائل تفجيرها، فظهر، في أوائل الستينات وحتى أوائل السبعينات، الجيل الثاني من الألغام المضادة للأفراد وهي من نوع(Remotely Delivered Mines) ، أي التي يمكن نشرها من مسافات بعيدة عن طريق الطائرات، وخاصة في عمق دفاعات العدو ومؤخرته، لإحداث خسائر به أثناء انسحابه، ووقف إمداداته. وقد استخدمتها القوات الأمريكية في الحرب الفيتنامية، وأُلقِي الآلاف منها على لاوس، وكمبوديا، وفيتنام.

–استمر تطوير أساليب نشر الألغام المضادة للأفراد وبعثرتها، وظهر في الثمانينيات، قذائف المدفعية، والصواريخ الميدانية، وقنابل الطائرات الحاملة لها.

كما تطورت وسائل تفجيرها، لتكون "إلكترونية وموقوتة". وشمل التطوير الغلاف الخارجي لُلْغم، والمواد المتفجرة، والحشوة الرئيسية.

–ومع تطور الألغام، تكنولوجياً، وقلة نفقتها (ثلاث دولارات إلى ٣٠ دولاراً للغم الواحد)، عدا الألغام ذات التقنية العالية" أصبحت أسلحة مفضلة، لا يُستغنى عنها في العمليات الحربية، أو الصراعات الداخلية.

وقد ِشُّبت الألغام، في تقارير اللجنة الدولية للصليب الأحمر، بمقاتلين، لا يحملون أسلحة ظاهرة، ولكنهم لا يخطئون هدفهم قط، ويصيبون ضحاياهم من دون تمييز، ويستمرون في ممارسة القتل، إلى ما بعد انتهاء القتال بأمد بعيد.

مقدمة

تعبير (حرب الألغام) يستعمل لوصف عمليات زرع حقول الألغام وعمليات تطهير المناطق من الألغام . يمكن توظيف حرب الألغام البرية في كافة أنواع العمليات، التكتيكية منها والاستراتيجية، اذ انها تتضمن كافة الاساليب التي تؤثر على التحركات الارضية بغض النظر عن طريقة الزرع او عن طريقة تحرك المجموعات. ويمكن توظيف الألغام ضد الأشخاص وضد العربات المدولبة والمجنزرة ، وكذلك ضد تجهيزات السكك الحديدية والجسور والمدارج ومناطق الانزال الجوي . ولانه يمكن زراعة الألغام بواسطة المجموعات خلال العمليات الدفاعية والهجومية وبواسطة مجموعات الدعم كحماية ضد مجوعات العصابات وعمليات الانزال الجوي ، او بواسطة مجموعات القتال لأشغال القوات المعادية ولحماية مناطقنا ، بسبب ذلك كله يصبح وجود الألغام في كل ناحية من نواحي مسرح العمليات امراً غير مستبعداً على الاطلاق .

وبما ان سرعة تحرك القوات العسكرية تتطلب وسائل فعالة لإيقاف او ابطاء حركة العدو ، يصبح استعمال الألغام امراً مفيداً للغاية كعنصر إعاقة لحركة العدو او شلها او ضربها او افشال اختراقات العدو بين الوحدات.

ولقدرتها على انزال خسائر بشرية او عطب تجهيزات ، تعتبر الألغام الارضية احد انواع الاسلحة الاساسية . وفعلياً ان اهمية الألغام تكمن في انها عائق كبير امام تحركات العدو ، وعند اتمام زرعها تشكل هذه الألغام انظمة سلاح متفاعلة بل وتزيد من قدرة النيران بدون الحاجة الى زيادة عديد بشري. ويحب ان تكون هذه الحقول قدر الامكان تحت رؤية ونار قواتنا كي لا يتم اختراقها او تطهيرها من قبل العدو .

العائق واقسامـه :

تعريف :

وهو أي عنصر مثل (الطبيعة الجغرافية للمنطقة ، نوع معين من التربة او المناخ ، أي عمل بشري) يوقف او يؤخر او يحرف تحرك القوات المعادية . وهو على عدة أنواع

عائق طبيعي :

مثل منحدر قاس ، نهر ، غابات كثيفة ، ثلوج متراكمة ، عوارض مصنوعة كالأبنية والجدران وعوائق لم تبنى بالاصل لهدف الإعاقة، كل هذه تسمى عوائق طبيعية .

عائق اصطناعي :

وهو عبارة عن أي عنصر اعاقة صمم ليوقف او يعيق التحركات العسكرية ، هذه العناصر تتضمن عمليات البناء او النسف كالجسور ، والحفر في الطرقات ، هدم السدود ، حقول الغام ، مناطق ملوثة اسلاك شائكة وغيره، عناصر هذه العوائق اما تكون جاهزة او انه يتم تجهيزها في ميدان المعركة .

عائق مشترك :

وهو مؤلف من العوائق الطبيعية والاصطناعية معاً .

حقول الألغام

تُعد من أكثر الموانع فاعلية، وقدرة على مفاجأة العدو، وإعاقة تقدمه. وقد برع الألمان في استخدامها في الحرب العالمية الثانية، وكانوا يطبقون أساليب مبتكرة، وقد أخذت بقية الجيوش عن الألمان أساليبهم في زرع حقول الألغام، التي أصبحت عنصراً أساسياً في أساليب القتال في جميع الحروب، التي اندلعت بعد الحرب العالمية الثانية.

وتتميز حقول الألغام، مقارنة بالموانع الصناعية الأخرى، بقلة نفقتها، وسهولة زرعها، وقدرتها على إعاقة الهجمات الكبيرة، وتأثيرها المعنوي والمادي، في القوات المهاجمة.

تعريف حقل الألغام

مساحة من الأرض، ليس لها شكل معين، ومزروعة بالألغام في صفوف متراصة، يتوقف عددها على الغرض من حقل الألغام، وأهمية الاتجاه. ويتكون، عادة، من صفين إلى أربعة صفوف، ويراوح الفاصل بين كل خط والآخر من عشرة أمتار إلى ١٢متراً ، وتقل الفواصل في حقول الألغام المضادة للأفراد.

أنواع حقول الألغام

وحقول الألغام من أنواع العوائق الإصطناعية وتنقسم من حيث نواحي الاستفادة منها إلى عدة أنواع.

أ – حقول حماية	ب – حقول دفاعية	ج – حقول سدية
د – حقول وهمية	هـ – حقول أيذائية	

أ حقول الغام الحمايـة :

* **تعريف** : وهو الحقل الذي يوظف في سبيل مساعدة وحدة في موقعها وللحماية القريبة .

* **نوعية الألغام المستعملة** : الألغام المضادة للدبابات والأفراد والألغام المنيرة يمكن استخدامها ، ولأن كل الألغام المستعملة يجب أن تكون سريعة الزرع والنزع ، ينبغي عدم استعمال الغام غير معدنية ومواسير ضد الرفع .

* **التعليم** : يجب تعليم هذه الحقول بإشارات لمنع وقوع أي إصابات بين أفراد قواتنا

* **التقرير والاعلام** : ينبغي صياغة تقرير شامل ومفصل يذكر فيه ادق التفاصيل عن الألغام المزروعة مثل (نوعها عددها ، الفواصل بين بعضها) ثم يرفع الى الجهات المختصة .

* **تشكيلة الزرع** : ليس بالضرورة زرع الألغام حسب تشكيلة وكثافات ثابتة في حقول الغام الحماية

ب حقول الألغام الدفاعية :

* **تعريف** : يتم زرع حقل الغام دفاعي بشكل متناسب مع خطة انتشار القوات لتقوية المواقع الدفاعية ، وتكمن اهميته في تسكير الفجوات بين القوات المنتشرة .

* **المهمة** : يتم تخطيط حقول الألغام الدفاعية بدقة ، وتوظف في سبيل تأخير او تشتيت الهجومات المعادية ولإفشال او الحد من اختراقات العدو في المناطق ذات الاهمية التكتيكية .

* **نوعية الألغام المستخدمة** : كل انواع الألغام مع تشريكات ضد النزع وايضاً يمكن استعمال الألغام المضيئة. ويجب ان تتضمن هذه الحقول على الغام مضادة للأفراد وخصوصاً في مقدمة الحقل لجهة العدو . كما ينبغي زرع المعدات التحذيرية مثل الألغام المضيئة والدفاعية والصوتية للتحذير من محاولات التطهير .

* **التعليم**: ينبغي استعمال اشارات التعليم القياسية لهكذا حقول ويمكن ازالة الاشارات من جهة العدو

* **التقرير والاعلام** : يجب تعبئة استمارات قياسية لحقول الألغام الدفاعية ، وينبغي الاحتفاظ بالمعلومات الكافية للتطهير السريع ، وتغير الممرات الآمنة واعطاء المعلومات الى الوحدات المختصة .

* **التشكيل** : يجب زرع حقول الألغام الدفاعية حسب الطريقة القياسية .

جـ حقول الألغام السدية :

* **التعريف** : وهو احد انواع حقول الألغام التي توضع من اجل تشكيل سد امام تشكيلات العدو المهاجمة في مناطق محددة خصوصاً على جانبي منطقة العمليات او منطقة الانتشار . كما يستعمل لأستدراج او جر العدو الى منطقة عمليات مختارة .

* **المهمة** : مهمة هذا النوع من الحقول هو لتوجيه او تشتيت او تأخير الهجوم المعادي لمنح القوى المدافعة بعض الوقت يمكنها من تركيز الامكانيات والنيران في مواجهة القوى المهاجمة ، كما انها تستعمل لجر القوات المهاجمة الى مناطق مختارة حيث يمكن تدميرها بواسطة النيران المركزة او الهجوم المضاد .

* **نوعية الألغام المستعملة** : كل انواع الألغام مع تشريكات ضد النزع والالغام المضيئة . وينبغي جعلها صعبة التطهير قدر الامكان . يستحسن الاستخدام الكثيف للألغام الغير معدنية ، والالغام الافرادية وتشكيلات ضد النزع .

* **التعليم** : تعلم الحقول السدية بواسطة وسائل التعليم القياسية كما هو الحال في الحقول الدفاعية ويمكن حذف التعليم من جهة العدو . ولكن في بعض الحالات يكون من الضروري ازالة كل العلامات للحفاظ على السرية .

* **التقرير والاعلام** : يجب تعبئة استمارات قياسية لحقول الألغام الدفاعية ، وينبغي الاحتفاظ بالمعلومات الكافية للتطهير السريع ، وتغير الممرات الآمنة واعطاء المعلومات الى الوحدات المختصة.

د حقول الألغام الوهمية :

* **التعريف** : حقل الألغام الوهمي هو عبارة عن بقعة من الأرض تستعمل لتقليد حقل الغام وذلك لخدع العدو .

* **المهمة** : عادةً فأن حقول الألغام الوهمية تكون جزءاً من حقل الغام حي . يمكن زرع هذا النوع عندما لا يكون الوقت او الامكانيات تسمح بوضع الغام حية . كذلك فأنها تستعمل لأخفاء الفجوات في حقول الألغام

* **انواع الألغام المستعملة** : حقول الألغام الوهمية لا تحتوي على الغام حية ، لكن تحتوي على الغام وهمية كما يمكن بعثرة التراب لتقليد مظهر حقل الغام طبيعي .

التعليم : ويتم بنفس طريقة تعليم حقل الألغام الحقيقي .

التقرير والأعلام : يتم بنفس طريقة تسجيل وتقرير حقل الألغام الذي يتم تقليده .

هـ حقول الألغام الايذائية :

* **التعريف** : وهو احد حقول الألغام التي توضع في سبيل تأخير او تشتيت العدو او تحريمه من استعمال منطقة ما او الاستفادة من مسير معين . وبشكل ادق يمكن وصف حقول الألغام الايذائية بأنه تلغيم ايذائي لان مفهوم المنطقة المحددة او حقل الالغام لا ينطبق عليها .

* **المهمة** : مهمة هذا النوع من الحقول هو فرض الحذر على تحرك العدو او لتشتيت تشكيلاته بفصل القوات المهاجمة عن القوات المساندة . ولاجل سلب معنويات العدو تزرع هذه الحقول في البقع التي يحتمل استخدامها من قبل الاعداء .

* **انواع الألغام** : كافة الألغام المضادة للآليات والافراد . كما ينبغي استخدام المواسير (شد ، قطع شد وغيره) والتفخيخات على انواعها .

* **التعليم** : لا يتم تعليم حقول الألغام الايذائية عادةً إلا في حالة تعريض قواتنا للخطر في الفترات التي تسبق الانسحاب من اماكن يحتمل سقوطها بايدي العدو .

* **التقرير والاعلام** : يتم اعداد التقرير من قبل المسؤول المباشر عن الزرع لهكذا حقول ، وكافة التقارير يجب تحضيرها ورفعها في اقصر وقت ممكن .

وتقسم الألغام من حيث الغرض من إنشائها.

(أ) مضاد للأفراد.

(ب) مضاد للدبابات.

(ج) مختلط، يزرع فيه ألغام مضادة للدبابات وألغام مضادة للأفراد.

(د) ضد البرمائيين[١]، للحماية ضد الهجوم، من اتجاه القطاعات البرمائية.

وتقسم من حيث الوقت المتاح لإنشاء الحقل

(أ) حقل ألغام مدبر

وهو حقل يزرع بالألغام، في مناطق سبق استطلاعها، واختيارها على الطبيعة. تجهز الألغام وتزرع وترص، قبل بدء القتال بوقت كاف. ويستخدم هذا النوع في حالة توفر الوقت، لإجراء تحضيرات المعركة، مثل العمليات الدفاعية، وتأمين المناطق الابتدائية للهجوم.

(ب) حقل ألغام غير مدبر

ينتخب منطقته، عادة، من الخرائط، وتنشر الألغام فيه بالوسائل الميكانيكية السريعة، مثل مقطورات رص الألغام، أو المركبات المجهزة بتجهيزه خاصة لرص الألغام، أو بالطائرات العمودية. ويعمل على هذه الوسائل أطقم من أفراد المهندسين العسكريين، وتسمى بمفارز الموانع المتحركة. وترص الألغام، في هذا النوع، مكشوفة فوق سطح الأرض، من دون دفنها، وزرعها. وتعد المناطق، التي ينثر فيها الألغام المبثوثة بالمدفعية، أو بالطائرات، ضمن حقول الألغام غير المدبرة.

ويستخدم في حالة عدم توفر الوقت الكافي لإنشاء الحقول المدبرة، وفي المواقف الطارئة أثناء إدارة أعمال القتال.

وهذه الحالات هي:

· في العمليات الهجومية.

· في القتال التصادمي.

· في الدفاع، وذلك في حالات إدارة أعمال القتال في عمق الدفاعات، وتأمين الهجمات والضربات المضادة."

.ولتحقيق التمويه والخداع تنشأ حقول ألغام هيكلية "صورية"

وهي منطقة من الأرض، تستخدم لتمثيل حقل ألغام، ويشبه تماماً حقل الألغام الحقيقي، وترص فيه ألغام هيكلية، والغرض منه خداع العدو وإرباكه.

الشروط الواجب توافرها في حقول الألغام

❖أن يكون محمياً بالنيران، وخاصة نيران أسلحة الرمي المباشر، ومدفعية الرمي غير المباشر."محمي من النيران .

❖أن يكون ذا عمق مناسب، وكثيفاً ، الكثافة الملائمة (عدد الألغام في المتر الواحد)

❖أن يكون مخفياً ، ويحقق المفاجأة، ولا يكشف تفاصيل المواقع الدفاعية.

❖أن يكون منسقاً مع باقي أنواع الموانع، والمواقع والقطاعات والنطاقات الدفاعية.

مهام حقول الألغام

١ في الدفاع

(أ) عرقلة القوات المهاجمة، وصدها أمام الدفاعات، وإجبارها على تغيير اتجاه هجومها إلى اتجاهات أخرى، يفرضها الطرف المدافع.

(ب) إحداث أكبر خسائر ممكنة في القوات المهاجمة، قبل اتصالها بالخطوط الدفاعية.

(ج) تنشأ بين القطاعات والمواقع الدفاعية المتتالية، وذلك بغرض صد هجوم العدو في العمق، وكذا في الفواصل بين المواقع الدفاعية، وعلى الأجناب المكشوفة، بغرض تأمينها، وحرمان العدو من الالتفاف حول الدفاعات وتطويقها.

(د) تأمين خطوط دفع الأنساق الثانية، والاحتياطيات، عند تنفيذها للضربات والهجمات المضادة، لاستعادة الموقف الدفاعي إلى ما كان عليه.

٢ في الهجوم

(أ) تأمين مناطق التجمع "تجمع القوات المهاجمة"، والمناطق الابتدائية للهجوم.

(ب) تأمين عملية فتح وهجوم القوات، في حالة الهجوم بتحريك القوات من العمق.

(ج) المعاونة في صد الهجمات والضربات المضادة، للأنساق الثانية واحتياطيات القوات المدافعة.

(د) تأمين خطوط دفع الاتساق الثانية والاحتياطيات، لتطوير الهجوم في عمق الدفاعات المعادية.

(هـ) تأمين القوات المهاجمة، عند اتخاذها أوضاع التعزيز على الخطوط والأهداف المستولى عليها.

وكذلك تأمين انسحاب القوات المهاجمة في الإغارات والكمائن.

قواعد عامة لحقول الألغام :

١- تنسيق حقل الألغام مع بقية الموانع الاصطناعية .

٢- تأمين الحماية الذاتية للألغام المضادة للآليات بألغام مضادة للأفراد وبالتشاريك المزروعة على السلك

٣- ابعاد الألغام عن بعضها البعض بمقاييس معينة كي لا تنفجر بالعدوى .

٤- ترك ممرات سرية للافراد والآليات وذلك لأجل تفقد الألغام بين فترة واخرى .

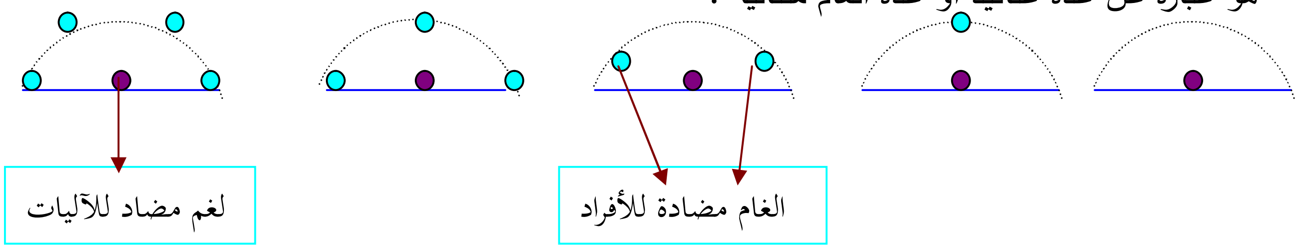
٥-رسم خطيطة تحدد مكان الحقل وعدد الألغام ونوعها بشكل دقيق .

عنقود الألغام :

وهو عبارة عن مجموعة من الألغام تحوي من ١ الى ٥ الغام ، ويكون اللغم الاساسي في العنقود مضاد للآليات والباقي مضاد للفرد .

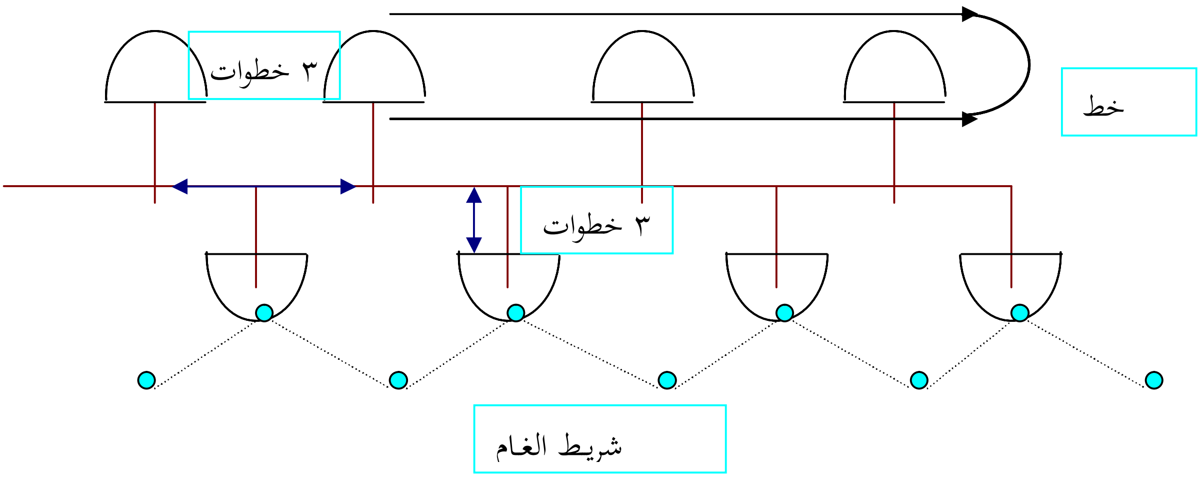
خط الألغام

هو عبارة عن عدة عناقيد او عدة الغام متتالية :



شريط الألغام

عبارة عن خطين من الألغام :



الفواصل بين الألغام في الحقول النظامية :

١- الفاصلة بين الألغام المضادة للآليات (م . د) ٦ خطوات .

٢- الفاصلة بين الألغام المضادة للأفراد (م . أ) ٢ – خطوتين .

٣- الفاصلة بين الألغام المضادة للمجموعات والألغام المضيئة ١٠ خطوات .

٤- الفاصلة بين الألغام المضادة للأفراد والآليات ٢ – خطوتين .

المعابر

تعريف :

وهوعبارة عن جزء من الحقل خالي من جميع انواع الألغام وقد يكون مزروع بالغام غير مسلحة او بدون اجهزة عمل . يتراوح عرضه للأفراد من متر الى اثنين او بحسب الحاجة ، وللآليات من ٨ امتار باتجاه واحد و ١٦ متر باتجاهين .

الهدف من إنشائه :

١-تفقد الألغام من فترة إلى أخرى .
٢- ترك ممر لعبور قواتنا .
٣- لإنشاء كمين داخل حقل الألغام .

.مميزات المعبر الجيد في حقل الغام العدو :

١- ان يكون من اضعف نقطة دفاع .
٢- ان يكون المعبر بشكل مستقيم لتسهيل مرور القوات .
٣- ان يكون غير معرض لنيران ورؤية العدو المباشرة .

.مميزات المعبر الجيد في حقل الغام قواتنا :

١- ان يكون من اقوى نقطة دفاع .
٢- ان يكون بشكل غير مستقيم ومموه بألغام غير مسلحة .
٣- ان يكون تحت رؤية ونار قواتنا المباشرة .

طرق انشاء المعابر

هنالك طريقتين -بحسب الوقت المتوفر- لإنجاز المعبر وبناء عليه تقسم المعابر إلى نوعين

أ . معبر ليلة العمليات　　　　ب . معبر قبل ليلة العمليات .

معبر ليلة العمليات :

وهو المعبر الذي يتم فتحه اثناء اجراء العمليات او قبل اجرائها بوقت قليل ، ويتم فتحه على طريقتين

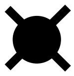
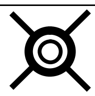
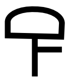
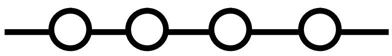
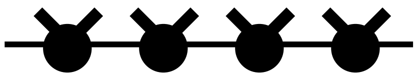
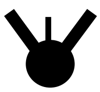
١- بواسطة التفجير (البانغالور او الافعى) .
٢- بواسطة عطب اللغم (نزع جهاز العمل)

معبر قبل ليلة العمليات :

وهو المعبر الذي يتم فتحه قبل البدء بالعمليات بوقت محدد حسب المهمة ، ويتم على الشكل التالي :

١- يتم تمويه أي اثر في المعبر .
٢- يتم تعطيل الألغام بنزع جهاز العمل فقط .
٣- عدم تغيير شكل المنطقة (حفر ، و الخ) .
٤- عدم ترك أي أثر (صندوق ، جهاز عمل ، ضامن وغيره) .

رموز الألغام

الإسم	الرمز
لغم من نوع غير محدد	
لغم مضاد للأشخاص	
لغم مضاد للدبابات	
لغم مضاد للدبابات مفخخ	
لغم مزدوج مضاد للدبابات	
لغم مزدوج مضاد للدبابات مفخخ	
فخ	
لغم مضاد للأشخاص مشرك بسلك	
صف الغام مضاد للدبابات	
صف الغام مضاد للأشخاص	
ابتداء حقل الغام	
عنقود الغام	
لغم قفاز	
لغم مضيء	

كثافة الألغام

يقصد بها عدد الألغام المزروعة في المتر الواحد.وتتحدد كثافة حقل الألغام طبقاً للعوامل التالية:

(1)نوع الحقل، والغرض منه.

(2)أهمية الاتجاهات، التي تنشأ فيها حقول الألغام.

(3)نوعية الألغام المستخدمة.

(4)الطريقة المتبعة في زرع الألغام.

(5)الخطة العامة، لمنظومة الموانع.

(6)درجة توفر الألغام.

(7)الوقت المتيسر، لزرع الألغام، وإنشاء الحقل.

وطبقاً للعوامل السابقة فإن كثافة الرص تراوح ما بين ٠,٥ . ٠,٧٥ لغم/متر، وقد تزيد أو تقل طبقاً للموقف.

زراعة ونزع الألغام :

بشكل عام وفي حروب العصابات لا يتم زرع حقول ألغام بالمعنى التقليدي ولكن يمكن الاستفادة من الألغام باستهداف تحركات العدو بعد أن يتم رصدها وزرع الألغام بناء على حركة العدو. كما يمكن الاستفادة من الألغام بشكل دفاعي لمنع العدو من الاستفادة من بعض المناطق والممرات التي تمكنه من تطويق المجموعات بعد الاشتباك مع قواته أو تمكنه من تعزيز قواته بقوات مساندة أو تلك الممرات التي تمكنه من التوغل إلى داخل مناطقنا.

الخطوات الأساسية في عمليات زرع الألغام :

للقيام بأي عملية زرع ألغام لا بد من القيام بعدة خطوات أساسية منها:

- ❖ فهم المأمورية المطلوبة بدقة لجهة الهدف من عملية الزرع والتهديدات المحتملة من قبل العدو(تشكيلة القوة المستهدفة وظروفها).
- ❖ استطلاع منطقة الزرع لتحديد الوسائل المطلوبة (أنواع الألغام وأعدادها) والجهد البشري المطلوب (عدد الأفراد والوقت المطلوب) وطريقة الزرع والتعليم.
- ❖ وضع خطة التنفيذ.
- ❖ تهيئة الوسائل والألغام المطلوبة وتعيين الفريق ووقت التنفيذ.
- ❖ قبل الوصول إلى منطقة الزرع، ينبغي تحديد نقطة اعتلام واضحة يحدد مكان الحقل بشكل عام بالنسبة لها.
- ❖ عند الوصول إلى منطقة الزرع ينبغي تحديد نقطة اعتلام (طبيعية أو اصطناعية) ليتم تحديد نقاط الألغام بالنسبة لها.

- ❖ تحديد أماكن الألغام بالتفصيل وتوزيع علامات إذا كان ذلك ضروريا.
- ❖ اختيار نقطة أو ممر يمكن من خلالها تفقد منطقة الزرع بشكل بصري (من المفضل أخذ صور فوتوغرافية أو فيديوية من نفس النقطة).
- ❖ تهيئة حفر للألغام وضع الألغام في حفرها.
- ❖ رسم أمكنة الألغام بحسب نقطة اللإعتلام القريبة وبالنسبة لبعضها البعض.
- ❖ البدء بتسليح الألغام من جهة العدو وتمويهها وحمل التراب الزائد للتخلص منه لاحقا.
- ❖ تعليم طرف منطقة الزرع من جهتنا إما بشكل ظاهر أو بشكل مخفي بحسب المهمة.
- ❖ أعداد خطيطة تتضمن مواقع الألغام ونقاط الإعتلام والتفقد (مع ذكر الوقت المقترح للتفقد) وإرسالها إلى الجهات المعنية.

كيفية زراعة اللغم

اختيار المكان المناسب واللغم المناسب للهدف المناسب .

حفر حفرة ملائمة بحجم اللغم (أوسع قليلا من اللغم) وحمل التراب الزائد للتخلص منه لاحقا (عدم بعثرته حول الحفرة).

تجهيز اللغم بالصاعق او بجهاز العمل

نزع الضوامن او تحويل اللغم لحالة تسليح (حسب نوعه) .

وضع اللغم في الحفرة المخصصة له .

تمويه اللغم بشكل جيد وبكل هدوء وحذر وحمل التراب الزائد

ملاحظة ١:

يجب ان تكون صفحة الضغط بعمق (٢ سنتم) للألغام المضادة للأفراد وبالنسبة للألغام المضادة للآليات يجب أن تكون على عمق ٥ سم ويجب أن تكون الحفرة أوسع من اللغم بشكل ملحوظ وأن تكون جوانبها مائلة (زاوية٤٥)

ملاحظة ٢ :

اذا كان اللغم (م/د) واريد تفخيخه يجب تجهيزه بالمواسير الخاصة به قبل وضعه بالحفرة الخاصة به مباشرة .

طرق رص الألغام وزرعها

(1)الطريقة اليدوية

وتنفذ بواسطة أطقم من المهندسين العسكريين المتخصصين، في هذا المجال.

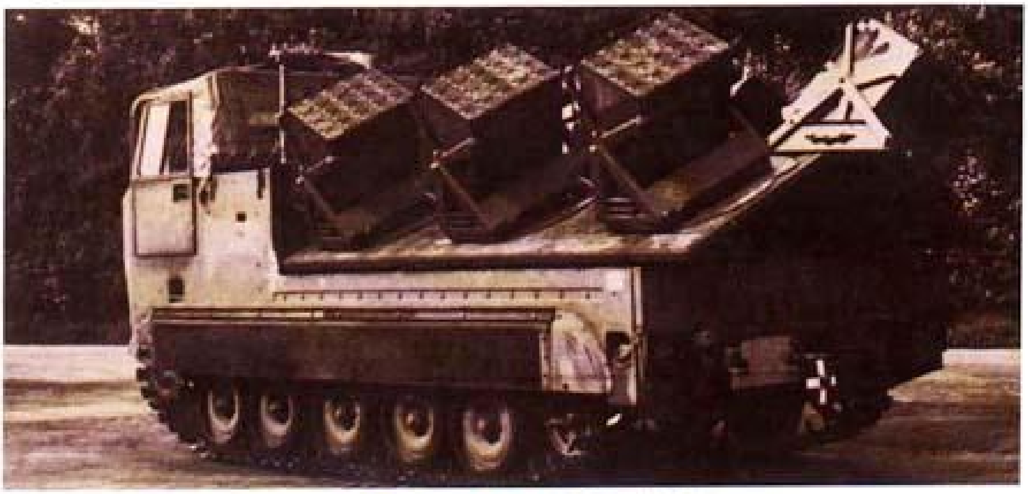
(2)بوسائل ميكانيكية باستخدام مقطورات رص الألغام أو باستخدام مركبات مجهزة لرص الألغام.

(3)باستخدام الطائرات العمودية

(4)الألغام المبثوثة،

يتم نشرها وتوزيعها، بطريقة آلية، بعد انشطار الوسيلة المعبأ فيها الألغام، مثل: قذائف المدفعية، والصواريخ وقنابل الطائرات .

صورة

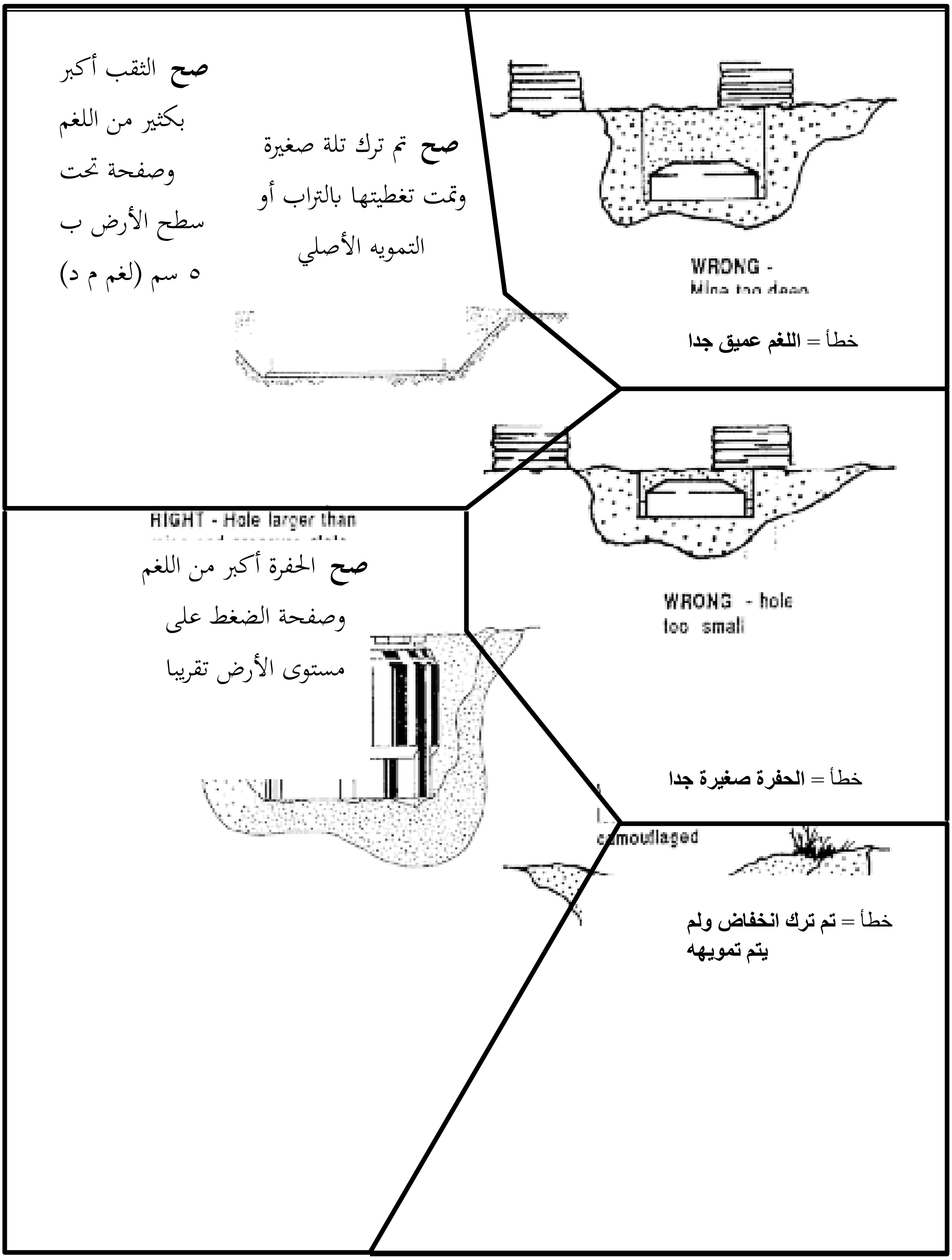


مركبات مدرعة تحمل حاويات ألغام وأدلة إطلاق صواريخ الألغام

تسجيل المعلومات عن حقول الألغام، والمناطق والأهداف الملغومة، والشراك الخداعية

(1)تسجل حقول الألغام، وكذا مواقع الأهداف الملغومة، بإحداثيات دقيقة، على خرائط، بمقياس رسم مناسب؛ والتي يمكن عليها توقيع حدود حقول الألغام، وأبعادها، وإذا تطلب الأمر تسجيل تفصيلات أكثر ، يمكن إعداد مخططات، موضح بها كافة التفاصيل.

(2)يستكمل تسجيل المعلومات عن الحقول، بتسجيل كافة المعلومات عن كل حقل، في سجلات "جداول"، يوضح بها أعداد الألغام ونوعها، وطريقة زرعها، ونوع المفجرات المستخدمة، وتاريخ زرعها، والأطقم التي جهزت الحقل... إلخ.


صح الثقب أكبر بكثير من اللغم وصفحة تحت سطح الأرض ب ٥ سم (لغم م د)
صح تم ترك تلة صغيرة وتمت تغطيتها بالتراب أو التمويه الأصلي
WRONG -
خطأ = **اللغم عميق جدا**
RIGHT - Hole larger than
صح الحفرة أكبر من اللغم وصفحة الضغط على مستوى الأرض تقريبا
WRONG - hole too small
خطأ = **الحفرة صغيرة جدا**
camouflaged
خطأ = **تم ترك انخفاض ولم يتم تمويهه**

الثغرات في حقول الألغام

هي قطاع من الأرض يتخلل حقل الألغام، لا يقل عرضه عن ٣٠ متر، يتم تطهيره من الألغام، أو إبطال مفعولها ويتم فتح العديد من الثغرات في حقول الألغام بمعرفة الطرف المهاجم، لمرور قواته منها عند هجومه. وتفتح الثغرات بمعدل ٦ ثغرات لكل كتيبة مهاجمة، ١٢ ثغرة للواء، ٢٤ ثغرة للفرقة.

نزع الألغام

إن أي عملية نزع للألغام لا بد أن تبدأ بمعرفة وجود الألغام أو ما يعرف بكشف وجود ألغام. بعد ذلك يتم العمل على التخلص من الحقل إما بنسييجه أو تعليمه أو فتح معبر فيه أو تطهيره بالكامل بواسطة تفجيره أو نزع كل لغم على حدة.

كشف وجود ألغام :

هناك طرق عديدة للتأكد من وجود ألغام منها:

١- التفتيش البصري : يجب أن تبدأ عملية الكشف بإلقاء نظرة فاحصة على المنطقة.

٢- الكشف الكهربائي بواسطة كاشفات الألغام : هذه الكاشفات قادرة على تحديد معظم أماكن الألغام خصوصا الألغام التي تحتوي على معادن كما أن هناك كاشفات الغام قادرة على اكتشاف الألغام الغير معدنية بواسطة قياس كثافة التربة .

٣- الوخز بواسطة آلة حادة : تعتبر هذه الوسيلة من أبطأ الوسائل المعتمدة لكشف الألغام وتستخدم إلى جانب الكاشفة الكهربائية للتعرف على سبب إصدار الصوت .

٤- رؤية جثث الحيوانات أو أشلائها .

٥- ظهور بعض الألغام .

٦- انفجار لغم بأحد عناصر المجموعة .

٧- تغير في طبيعة شكل الأرض (حفرة أو تراب مبعثر) .

٨- وجود آثار الغام (ضوامن، مواسير الخ ...)

٩- وجود أسلاك شائكة .

١٠- بواسطة الاستطلاع .

١١- بواسطة أهل المنطقة .

١٢- بواسطة الأسرى .

١٣- بواسطة حرق المنطقة المشبوهة إذا وجد فيها أعشاب .

الطريقة البصرية:

حيث يقوم المقاتل بالاستكشاف البصري للأرض للبحث عن الدلائل التالية:

- ❖ أسلاك إعثار.
- ❖ علامات إعادة ترميم للطريق (تراب جديد، أو رصف، رقع، ...).إشارات على الأشجار، الأوتاد، الأعمدة. فالعدو يؤشر حقول الألغام لديه لحماية قواته.
- ❖ حيوانات ميتة.
- ❖ آليات مدمرة.
- ❖ علامات على الأرض غير منسجمة مع طبيعة المنطقة. ذبول النبات أو تغير لونه، المطر يمكن أن يزيل بعض من الغطاء، انهيار أو تشقق الغطاء حول الحواف، أو يمكن للمواد التي تغطي الألغام أن تبدو ككومة تراب.
- ❖ المدنيين يمكن أن يعرفوا أماكن الألغام والأفخاخ المزروعة في منطقتهم السكنية. حيث يبقون بعيدين عن بعض المناطق أو خارج بعض المباني مما يشكل دلائل جيدة على وجود الألغام والأفخاخ. كما يمكن سؤالهم.

الطريقة اليدوية بالكاشفة الكهربائية العسكرية

تُعد **أفضل الطرق**، وأكثرها دقة، على الرغم من أخطارها، وتجري بواسطة أطقم من وحدات المهندسين العسكريين المدربين على هذا العمل، وتفتح الثغرات قبل بدء الهجوم وتحت ستر قصفات التمهيد النيراني للهجوم.

وتتم عملية فتح الثغرة بالتسلسل التالي:

(أ) تحديد أماكن الألغام باستخدام الكاشفة الكهربائية العسكري

كاشف الألغام الكهربائي (مجس) وطريقة الكشف عن الألغام

تعريف :

وهي عبارة عن آلة إلكترونية تعمل على مبدأ تحسس المعادن ذات الأنواع المختلفة (حديد ، نحاس ، ألمنيوم ...الخ) ولها قدرة على اكتشاف المعادن المدفونة تحت سطح الأرض أو الظاهرة ، عند اكتشافها للمعدن تعطي إشارات صوتية غير التي تعطيها أثناء التشغيل العادي .

مفاتيح التشغيل :

تحتوي الكاشفة على مفاتيح تشغيل في علبة مثبتة على ذراع الحمل للكاشفة وهو في أربع حالات

١_ حالة OFF ٢_ حالة LO (حساسية منخفضة)

٣_ حالة INT (حساسية متوسطة) ٤_ حالة HL (حساسية عالية) .

: LO

يجب توخي أقصى درجات الحذر عند استخدام الكاشفة مع مفتاح اختيار الحساسية المنخفضة (LO) لأن عملية البحث عن الألغام يمكن أن تفشل إذا كان البحث غير دقيق وسريع وكذلك يمكن فشل عملية الكشف عن الألغام الغير معدنية مثل اللغم (Type 72) والتي تحتوي فقط على ناقر وكبسولة وصاعق تفجير صغيرين لأن حساسيتها تكون ضعيفة ومنخفضة .

INT

الكاشفة هنا تكون أكثر حساسية من إختيار Lo . وهذا الخيار هو الأكثر استخداما أثناء عملية البحث.

: HI

يجب استخدام الكاشفة باستعمال المفتاح على حالة (HI) في حال البحث عن الألغام التي تحتوي على أجزاء معدنية صغيرة مثل اللغم (Type72) والتي من الممكن أن تكون مزروعة على عمق معين.

مفتاح X

يتم تعيير مفتاح X بشكل أن العلام الأبيض على المفتاح يتطابق مع العلام الأبيض في علبة التحكم.

مفتاح R :

يتم تعيير مفتاح R للحصول على أضعف إشارة ممكنة .

احتياطات تأمنية قبل التشغيل :

أ- يمنع وضع مفتاح التشغيل على حالة (ON) في حال وجود أجسام معدنية قرب الرأس الباحث لأن ذلك قد يؤدي إلى خراب وتعطيل دائرة الكشف ، لذلك يجب رفع الرأس الباحث عن الأرض حوالي ١,٥متر عن أي جسم معدني .

ب_ يمنع منعاً باتاً التعامل مع الكاشفة بعنف وقوة قبل التشغيل وأثناء التشغيل .

ج_ يجب عدم استخدام الكاشفة في حال وجود أي دليل على أن الكاشفة لا تعمل كما يجب بعد تعييرها .

ملاحظة : في حال سماع صوت متقطع أو غير منتظم يجب تغيير البطاريات ، وفي حال عدم انتهاء هذه الحالة تحول الكاشفة إلى الصيانة.

تجهيز الكاشفة للعمل :

١_ توضع البطاريات في المكان المخصص لها في علبة التغذية ، ويجب أن يكون الطرف السلبي إلى الأسفل في أنبوب البطاريات .

٢_ يجب التأكد من وجود حلقة الكاوتشوك وهي مثبتة في غطاء البطاريات ، ويجب إغلاقها جيداً لتأمين عزل كامل للماء عن أنبوب البطاريات .

٣_ يجب التأكد من وجود القطعة المعدنية الخاصة لوضعها فوق البطاريات < قطعة نحاسية > ويمنع استبدالها بأشياء أخرى مثل < ورق السانيتا > .

ملاحظة : عكس البطاريات أثناء التركيب يؤدي إلى عدم عمل الكاشفة ولكن لا يؤدي إلى خرابها .

الإجراءات المعمول بها أثناء التشغيل :

_ عدم استخدام كاشفتين ضمن مسافة ستة أمتار (٦ متر) .

_يجب إيقاف تشغيل الكاشفة فوراً إذا تحول الصوت الطبيعي في سماعة الرأس إلى صوت منخفض مرتجف ، ويجب استبدال البطاريات بأخرى مليئة قبل معاودة ومتابعة عملية البحث .

_ خلال عملية البحث يجب المحافظة دائماً على إبقاء الرأس الباحث موازياً لسطح الأرض ، ولا يجب أبدا السماح للرأس الباحث بأن يقع أو يتعثر على الأرض خلال عملية البحث عن الألغام في منطقة مشبوهة .

_ يجب البقاء على حذر خلال البحث في مناطق تحتوي على شظايا أو قطع معدنية لاحتمال تشابة الإشارات الصادرة عنها مع إشارات تنتجها الغام حقيقية .

_ يجب الانتباه دائماً أثناء العمل إلى أن الكاشفة تتحسس وذلك من خلال تجربتها على قطعة معدنية صغيرة بين وقت وآخر .

طريقة البحث :

_ يتم الكنس بالرأس الباحث فوق الأرض في جهة أخرى أي من اليمين إلى اليسار وبالعكس بشكل أن يغطي مسافة عرضية تقدر بـ ٦٠سم تقريباً لكل جهة أي ما يعادل ١٢٠سم تقريباً عرض المعبر .

_عند التقاط إشارة أي جسم معدني يزداد الصوت ارتفاعاً عن الصوت الأول المنبعث دائماً من الكاشفة حين مروره فوق القطعة المعدنية مشير إلى وجود معادن تحت الرأس الباحث .

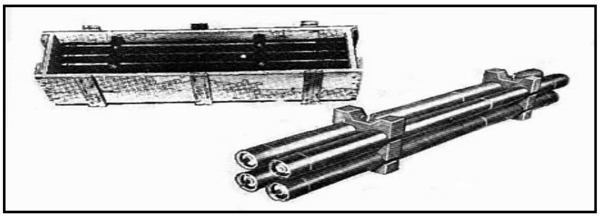
_ عند سماع التغير الحاد في حجم الإشارة يجب تحريك الرأس الباحث من جهة إلى أخرى ببطئ فيتغير الصوت بشكل حاد إذا مر جانب الرأس < على الجانبين > فوق المعادن المدفونة ويكون الصوت أقوى للمكان المعدن في وسط الرأس .

وبعد أن نحدد مكان اللغم

(ب) يتم الحفر بحرص حول اللغم، ويتم رفعه وتأمينه.

(ج)تُجمع الألغام المرفوعة في مكان مأمون.

(د)تُعلم الثغرة بعلامات واضحة وظاهرة، ليلاً ونهاراً، حتى تتعرف عليها القوات عند عبورها.



وسائل إزالة الألغام الأرضية

بالطريقة الميكانيكية بواسطة كاسحة الألغام :

وهي عبارة عن ذراعين يعلق على كل ذراع عدة دواليب مسننة معدنية وتثبت هذه الأذرع على مقدمة الدبابة تقوم الكاسحة بتفجير الألغام الموجودة أسفلها ، ومن أنواعها :

كاسحة الألغام الإسرائيلية (RKM) :

تثبت هذه على دبابات (أم ٤٨) و (ام٦٨) ودبابات سنتريون وتستطيع هذه الكاسحة تفجير الألغام على عمق ١٥ سنتم ويمكن تثبيت هذه الكاسحة بمساعدة آلة رافعة خلال ١٥ دقيقة .

كيفية تدمير آلية عسكرية أو كاسحة الغام :

١- اختيار نوع اللغم المناسب .

٢- معرفة نوع الآلية أو الكاسحة المراد تدميرها وذلك لمعرفة المسافة المطلوبة للتشريك .

٣- معرفة جهة سير الآلية .

٤- وجود لغمين أو لغم + عبوة (لغم حي وآخر ميت) .

٥- زراعة اللغم الحي على مسير جنزير الآلية واللغم الميت في وسط الآلية .

ملاحظة : في حال عدم معرفة سير الآلية نضع لغمين أو عبوتين ميتتين مع اللغم الحي .

بطريقة التفجير

١- البنغالور :

و البنغالور طوربيدو Bangalore Torpedo هو حشوة متطاولة نظامية، تتألف من أنبوب معدني محشو بالمتفجرات القاصمة، يستخدم لفتح الثغرات في الأسلاك الشائكة أو حقول الألغام أو في أعمال التخريب المتعددة. ويبلغ طول الأنبوب المعدني ١,٥-٢ متر، وقطره (٥-٦) سنتم ووزنه ٦-١٠ كلغ، وكمية

المتفجرات الموجودة في داخله تعادل (٢,٧٠) كلغ لكل متر طولي من البنغالور. (بالنسبة إلى البنغالور الأميركي "م-١. أ-١") و (٥,٣) كغ (بالنسبة إلى البنغالور السوفييتي "أوز -٢").

يشكل كل أنبوب من الأنابيب المذكورة قطعة مستقلة تحمل في أحد طرفيها ثقراً " لوضع الصاعق أو مشعل التفجير. ويحيط بالنقر من الداخل بادئ تفجير لتقوية انفجار الصاعق ونقله إلى متفجرات البنغالور نفسه. ويحمل في الطرف الآخر للقطعة تجويفاً محلزناً يمكن بواسطته وصل القطع مع بعضها للحصول على بنغالور بالطول المطلوب.

أيؤدي انفجار البنغالور تحت شبكة الأسلاك الشائكة إلى فتح ثغرة بعرض (٣-٥) أمتار خالية من الأسلاك والأفخاخ والألغام المضادة للأشخاص. ولفتح ثغرة في حقل الألغام يدفع البنغالور فوق مكان الحقل يدوياً ، بالنسبة إلى الحقول غير العميقة. وعندما يكون الحقل عميقاً يحمل البنغالور على عجلات معدنية صغيرة، ويدفع آلياً بواسطة الملفاف. ويؤدي انفجار البنغالور الممدود وسط حقل الألغام إلى فتح ثغرة خالية من الألغام المضادة للدبابات بعرض (١-١,٥)م. ويتناسب عرض هذه الثغرة بالطبع مع نوع البنغالور نفسه (كمية المتفجرات في كل متر طول)، وارتفاعه عن سطح الأرض (ملامس لسطح الأرض أو على عجلات)، ونوع الألغام نفسها وقدرتها على تحمل الضغط.

إن اصطدام البنغالور أثناء دفعه في حقل الألغام بلغم يعمل على الشد ، أو مرور البنغالور على لغم مضاد للأفراد يؤدي إلى انفجار اللغم الذي يسبب بدوره انفجار البنغالور وقتل الأشخاص لذا يركب في مقدمته أنبوب معدني فارغ له نفس المقاييس .

- ❖ **ومن أنواع البنغالور** : البنغالور رقم ٢١ .

مصدره إسرائيلي يتألف من أربع أنابيب تنفجر بواسطة جهاز إشعال خلال ١٨ ثانية .

مواصفات الأنبوب الواحد: الطول ١,١ متر القطر ٥٧ملم الوزن ٤ كلغ وزن الحشوة ٣,٣ كلغ TNT

ويمكن زيادة عرض الثغرة المفتوحة في حقل الألغام المضادة للدبابات عن طريق استخدام بنغالورين متجاورين موصولين بوصلة معدنية خاصة، أو ثلاثة بنغالورات موضوعة على شكل هرمي وموصولة بالوصلات المعدنية.

تستخدم وحدات المشاة البنغالور لفتح الثغرات في الأسلاك الشائكة في المرحلة التي تسبق الانقضاض، وهي لا تستخدم البنغالور في الإغارة إلا إذا كانت هذه الإغارة صاخبة أساساً ، أو تحولت لسبب من الأسباب من إغارة صامتة إلى إغارة صاخبة (انظر الإغارة). وتستخدم وحدات المهندسين البنغالور لفتح الثغرات في حقول الألغام في الأراضي التي يصعب فيها استخدام كاسحات الألغام، أو عندما يكون عدد الكاسحات غير كاف. ويتم التفجير خلال رمايات التمهيد المدفعي والجوي، بغية إخفاء صوت الانفجار وسط أصوات انفجارات رمايات التمهيد، وعدم لفت أنظار رصاد العدو إلى مكان الثغرة. ومن الأفضل إجراء التفجير بعد رشقه من القنابل المدخنة لإعماء مراصد العدو ومنعها من تحديد مكان الثغرات.

٢- الأفعى المتفجرة :

وهي عبارة عن أنبوب مرن محشو بالمتفجرات يزود بقذيفة صاروخية ذات صمامة تاخيرية تسحبه وراءها إذا ما اجتازت باتجاه حقل الألغام .

عند إطلاق القذيفة الصاروخية تجتاز هذه القذيفة الحقل وتجر وراءها الأفعى التي تمتد داخل الحقل وبعد فترة زمنية تنفجر الأفعى بواسطة الصمامة التاخيرية أو يتم تفجيرها بعد فترة ، وهناك نوع تحمله الدبابات يفتح ثغرة بعرض ٨ أمتار وطول من ١٨٠ م الى ٢٠٠ م . وهناك نوع خفيف لفتح ثغرة بعرض ٣٠ سنتم وطول ١٤٠ م لمرور المشاة ومن أنواعه :

<u>الأفعى المصرية (فتح ١) :</u>

هي عبارة عن أنبوب لتطهير الألغام مدفوع بواسطة حشوة صاروخية ، يحمل بواسطة شخصين وهي تتألف من صندوق يحتوي على الحشوة الخطية المتفجرة ومحرك صاروخي وسكة الإطلاق .

المواصفات :

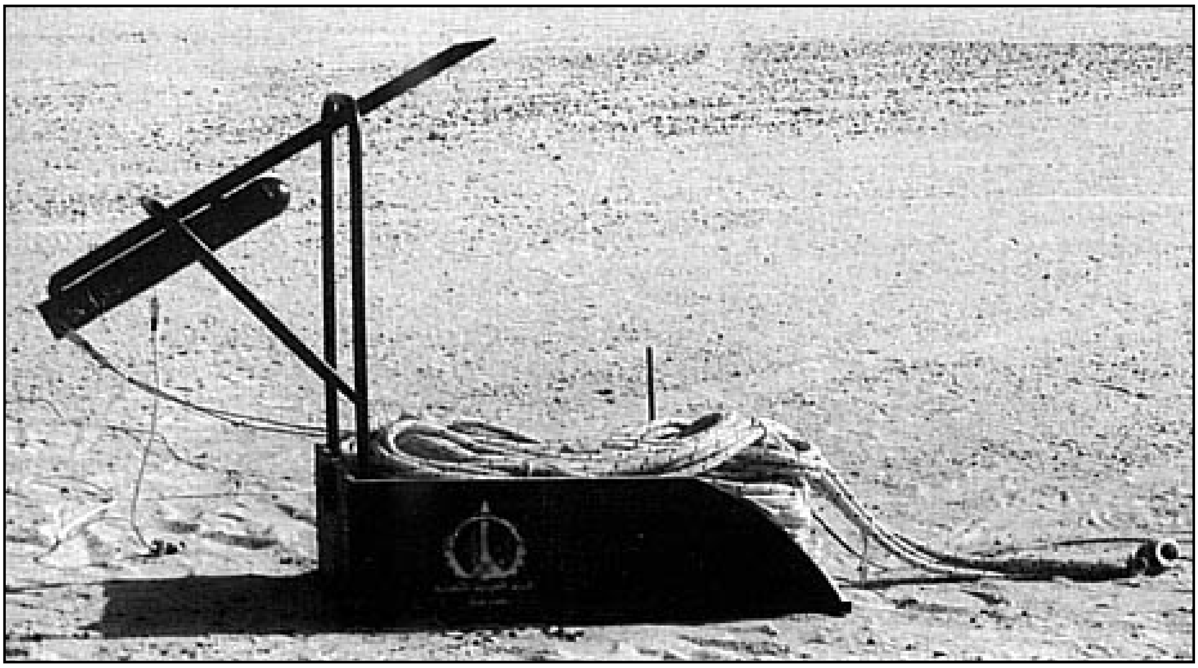
١- الوزن الأحمالي ٨٠ كلغ

٢- وزن الحشوة الخطية ٥٠ كلغ

٣- أبعاد الصندوق ١٠٠سم × ٥٠ سم × ٤٠ سم

٤- عرض المعبر ٦٠ سم × ١٢٠ متر .

تستخدم هذه الطريقة في القوات المرتدة المصرية. وتتلخص فكرة هذه الطريقة في إطلاق صاروخ من دليل إطلاق، ليصل إلى منطقة حقل الألغام، جاذباً خلفه خرطوم أسطواني من البلاستيك، معبأ بالمادة المتفجرة، بالطول الذي يغطي عمق الحقل، وبمجرد استقرار الصاروخ، والخرطوم، على الأرض، ينفجر ذاتياً ، ويفجر الألغام، الموجودة في منطقة انفجاره.



٣ باستخدام قذائف المدفعية الشديدة الانفجار

وذلك بإطلاق عدد من قذائف المدفعية الشديدة الانفجار على الحقل المراد تطهيره من الألغام. وفي هذه الطريقة، تُفجّر الألغام بفعل تأثير الموجة الانفجارية والضغط الناشئ من انفجار القذيفة .

ومن أمثلة هذا النظام: نظام carpetالإسرائيلي لتطهير حقول الألغام الملقب بالسجادة: نظام carpet الإسرائيلي لتطهير حقول الألغام

النظام كاربت هوا نظام صاروخي فعال جدا وحديث يعمل لتطهير حقول الألغام ويتميز بالعديد من المميزات في السهولة والقوه والتأمين.

يقوم هذا النظام علي تكنولوجيا التفجير الهوائي للوقود ويمكن أن يتم تجهيز النظام بسرعة من قبل طاقم العمل علي أي مركبة مدرعة ويمكن إطلاق ٢٠ صاروخ دفعة واحدة في متتالية متسارعة قبل نقطة الوصول كل صاروخ يقوم بنشر كمية من الوقود علي منطقة الهدف لتكوين سحابة متفجرة .

التفجير يقوم بعمل نبضة قوية فوق منطقة واسعة مما يفجر الألغام فوق المنطقة المقصود تدميرها والتي عبارة عن حقول الألغام

النظام مجهز للعمل اتوماتيكيا او نصف اتوماتيكي او يدوي ويتم التحكم به من مركبة الاطلاق حتي مع القصف المكثف من العدو يستطيع النظام اعادة تلقيم نفسه بسرعة.

يحتوي نظام مضاد الالغام الملقب بالسجادة فقط كمية من الوقود داخل المقذوف الذي يكون قابلا للاشتعال وليس متفجرا ولذلك النظام يكون مأمونا في أحوال الاستخدام العادية.

المواصفات الفنية:

القاذفة

-الوزن: ٤٦٠كم

-عدد القواذف:يمكن استخدام حتي ٢٠ قاذف

-تستخدم عن طريق انظمه تشغيل وتوجيه داخل العربه

ب- الصاروخ

-الوزن: ٦٤كجم

-الطول: ١٣٩٠مم

-عرض الزعانف : 350 مم

-المدى: ٦٥-١٦٥متر

النظام يمكن تركيبه علي مؤخره الدبابات والناقلات الثقيله وتكون من ضمن تشكيل المدرعات كما انها عمليه جدا بفكره استخدام وقود الطائرات عند اطلاق وانتشار الرزاز وبمجرد تحفيذ التفجير يتم تغطيه مساحه كبيره ليتم تطهيرها.

ويمكن تطهير ١٠٠م مربع في حقل ألغام بكفاءة عالية

مميزات النظام:

1-انظمه التوجيه والإدارة والإطلاق داخل المقصورة

2-دقيقه واحده لتنفيذ التطهير

3-إعادة شحن سريعة

4-سهوله في التعامل كبيره

5-أمان كامل للطاقم من البعد

يحتوي النظام على كمية من الوقود فقط داخل المقذوف اللذي يكون قابلاً للإشتعال وليس تفجراً كما يظن البعض ولذلك النظام يكون مأموناً في حالات الإستخدام العادية

النظام يعتمد على تكنولوجيا التفجير الهوائي للوقود أو تكنولوجيا الوقود الجوي المتفجرة، بمعنى آخر قبل وصول الصاروخ على منطقة الهدف يقوم بنشر كمية من الوقود لتكوين سحابة متفجرة فوق المنطقة المقصود إخلائها من الألغام، وهنا التفجير يقوم بعمل نبضة قوية فوق منطقة واسعة مما يفجر الألغام فوق المنطقة وهنا صورة مبسطة عن سحابة الدخان بعد إطلاق المقذوفات وإخلائها من الألغام

إضافة بسيطة :

تجدر الإشارة أن هذا النظام مصاحب لنظام الكشف الأوتوماتيكي للألغام الأرضية "EL/M-2190" نظام تحديد ألغام مبتكر تم تصنيعه للأغراض العسكرية والمدنية والنظام مبني علي رادار عالي التصميم الذي يكتشف يقيس ويحلل ويصنف الأهداف المدفونة تحت الأرض.

النظام برهن علي قدرته علي العمل في مختلف الظروف والتضاريس وأنواع التربة والمناخ النظام يحتوي علي أجهزة وبرامج تم اختبارها معياريا لاكتشاف الألغام الباليستية والمعدنية. الرادار الذي يحتويه خفيف الوزن ويتم نصبه والتحكم به الكترونيا وهو قادر علي العمل في أصعب الظروف عند اختراق حقول الألغام وتحديد أماكن الألغام في نفس الوقت.

٤ باستخدام قنابل الطائرات

وذلك بقذف قنابل معبئة بمادة شديدة الانفجار، على حقل الألغام، وبانفجار هذه القنابل، تنفجر الألغام، الموجودة في قطاع تأثير الموجة الانفجارية .

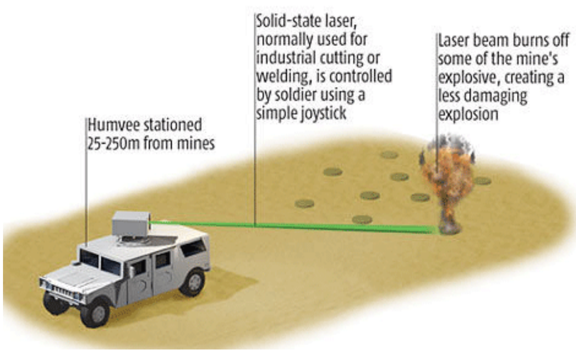
وتُعد هذه الطريقة عالية النفقات، وقد استخدمت في حرب تحرير الكويت، بواسطة القوات الأمريكية لفتح ثغرات، في حقول الألغام، في منطقة الحدود السعودية . الكويتية، وقد استخدمت في ذلك، قنابل الوقود الجوي المتفجر FIF بما يعادل ٧٥٠ رطل نوع ١١٧، وقنابل ٥٠٠ رطل نوع ٨٢ ، وقُذِفت من الطائرات B-52، كما استخدمت قنابل ١٥٠٠ رطل BLU بإسقاطها من الطائرات.MC-130

<u>٥ تفجير الألغام في محلاتها باستخدام الليزر"حديث التصنيع"</u>

من منتجات الجيش الأمريكي وقد استخدمه في تطهير الألغام للتخلص من الألغام الأرضية المنتشرة بكثافة في الأراضي الأفغانية والتي لم تنفجر حيث تراكمت على مدى عشرات السنين من الصراع. وقد تم نشر النظام في منطقة العمليات ليقوم بتفجير الألغام باستخدام الطاقة الليزرية العالية، حيث يقوم الشعاع الليزري عالي النطاق بتسخين الغلاف السطحي للغم من مسافة آمنة حوالي ٢٥٠ متر حتى تنفجر عبوة المواد المتفجرة داخل اللغم.

والنظام (زيوس) يمتاز بتدريعه القوي وخفة الحركة، وهو محمول على عربة ذات إطارات ويتكون طاقمه من شخصين.

النسخة الأولية من النظام (زيوس)واستخدام الليزر في تطهير الألغام



٦ الخرق الإلكتروني:

عبارة عن سلسلة من الدوائر النحاسية المثبتة في مقدمة آلية مدرعة. ترسل الدوائر إشارة مغناطيسية كبيرة تؤدي إلى تفجير الألغام ذات المشاعل المغناطيسية ضمن مسافة ٢-٥م أمام

٧ ازالة الالغام باستخدام طريقة الكشط

باستخدام جهاز حديث، يعرف باسم، "الفلير"، وقد استخدمت هذه الطريقة في حرب تحرير الكويت، بمعرفة القوات البريطانية.

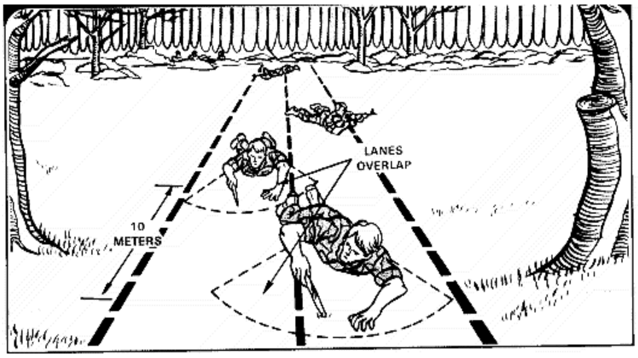
بالطريقة اليدوية:

أو عملية السبر اليدوي. وتحتاج إلى وقت كبير وتستخدم بشكل أساسي في عمليات تطهير الألغام. فعملية كشف الألغام بصرياً أو إلكترونياً يجب أن تثبت بطريقة السبر اليدوي.

تنظيم عناصر السبر:

فريق سبر: يتألف من سابرين واحد في المقدمة، يطهر ممر باتساع كاف ليزحف خلاله، وواحد يطهر خلف الأول بمسافة ١٠م و قليلاً إلى أحد الجوانب حيث تتداخل الممرات.

فريق تأمين: يتألف من عنصرين يقومان بالزحف خلف فريق السبر لتأمينه، وحمل التجهيزات الإضافية، أو للقيام بالسبر في حال إصابة أحد السابرين.



إجراءات عملية السبر: تتم عملية السبر اليدوي وفق تسلسل الإجراءات التالية:

- رفع السابر كمي البذلة وينزع الحلي (خاتم، ساعة ...). يرتدي الخوذة (يفضل أن تكون غير معدنية) مع تثبيتها جيداً بواسطة حزام الذقن. كما يرتدي السترة الواقية من الشظايا.

ملاحظة: إذا افاد الإستطلاع عن احتمال وجود مشاعل تتأثر بالمغناطيس، يجب على عناصر السبر عدم لبس أي أدوات معدنية.

- يبقى قريباً من الأرض ويتحرك بوضعية الزحف (الانبطاح) لتقليل تأثيرات الانفجار العرضي. عند التحرك بوضعية الانبطاح:
- يجلس القرفصاء دون أن تلمس ركبتيه الأرض.
- يبحث عن دلائل وجود الألغام ضمن مساحة ٣م على الجوانب والمقدمة.
- يسبر المنطقة المحيطة بقدميه ضمن المساحة التي يستطيعها.
- يجلس على الأرض مع التأكد من أن الأرض نظيفة، ثم يتابع السبر إلى الأمام إلى أن يصل إلى وضعية الزحف.

- يستخدم النظر واللمس لكشف أسلاك الإعثار المشاعل
- يستخدم مسبار رفيع بطول ٣٠ سنتم تقريباً (يفضل أن يكون غير معدني).
- يسبر كل ٥ سنتم ضمن جبهة بعرض ١م.
- يدفع المسبار برفق داخل الأرض بزاوية ٤٥° وما دون.
- يضغط المسبار الضغط اللازم فقط ليغور ببطئ في الأرض.

ملاحظة: إذا دفع المسبار بشكل مستقيم إلى أسفل، فإن رأسه المستدق يستطيع تفجير مشعل ضغط.

❖ إذا قابل المسبار أي مقاومة ولم يدخل بسهولة في الأرض، يوقف السبر وينكش التراب بطرف المسبار ويزيل بيده ما يكفي من التراب لرؤية ماهية هذا الشيء.

❖ إذا كان هناك لغم، يستخدم بحذر إصبعين من كل يد لإزالة ما يحيط اللغم من تراب.

❖ يؤشر مكانه دون محاولة رفعه أو إزالة الصلي. وتعتبر الطريقة الأكثر شيوعاً لتأشير الألغام هي بعقد قطعة ورق أوقماش أو تلزيق إلى وتد يوضع في الأرض بشكل مائل نحو اللغم.

❖ يفيد القائد عن مكان اللغم بالضبط.

ملاحظة: إذا أصيب جندي في حقل ألغام يقف باقي الجنود في مكانهم. يسبر الجندي الأقرب طريقه إلى الجندي المصاب يستعمل الإسعافات الأولية ويحمله بحذر. ويتحرك إلى الإخلاء خلال الممر المسبور.

تعتبر عملية السبر شاقة جداً ومملة. مما يحتم على القائد تحديد وقت للسابر للقيام بعملية السبر. ويحدد الوقت وفقاً : للمهمة، العدو، الأرض، الوقت، القوات الصديقة، حالة الطقس، مستوى الخطر، مستوى إجهاد الوحدة، مستوى إرهاق وتعب السابر وحالته الذهنية. كقاعدة ٢٠-٣٠ دقيقة تعتبر الحد الأقصى من الوقت الذي يستطيع الفرد أن يقوم بعملية السبر بشكل فعال.

تقنيات الخرق اليدوي :

تعتبر الطريقة اليدوية فعالة ضد جميع العوائق وتحت مختلف الظروف. أغلب العوائق لا تسبب إصابات مباشرة، بعكس حقول الألغام التي لها القدرة على إحداث إصابات مباشرة.

❖ **حقول الألغام السطحية:**

يستخدم المهندسون المرساة من مكان مستتر لفحص وجود أسلاك إعثار داخل الممر. إن المدى المحدود لقاذف المرساة يستوجب تكرار هذا الإجراء وفقاً لتخمين عمق العائق. ثم يتحرك فريق تفجير عبر الممر، حيث يضع خط رئيسي في وسط الممر، تربط التفريعات من المتفجرات إلى الخط الرئيسي، توضع حشوات التفجير بجانب اللغم السطحي، بعد تفجير الألغام، يقوم الفريق بفحص بصري للتأكد من أن كل الألغام قد دمرت قبل مرور أي شيء عبر الممر. تحدد زمر التدمير وفقاً لطبيعة المهمة: رامي المرساة، عنصر مد الفتيل الصاعق، عنصر التدمير. كل العناصر يجب أن تكون مدربة على جميع الإجراءات. تحضر الحشوات للإستخدام قبل الوصول إلى نقطة الخرق.

يستخدم فصيل الهندسة مجموعاته بالتسلسل لتطهير ممر عبر حقل ألغام كجزء من السرية. يجب على الفصيل التدرب على إجراءات الخرق إلى أن يتم التنفيذ دون خطأ، بسرعة، وأمان. أثناء التنفيذ يحتاج الفصيل إلى ٥ د أو أكثر لفتح الممر ويتعلق ذلك بالمهمة، عمق حقل الألغام، ومستوى تدريب الفصيل.

❖ **حقول الألغام المدفونة:**

يعتبر التطهير اليدوي لحقول الألغام المدفونة بالغة الصعوبة عند تنفيذها كجزء من عملية خرق. إذا كانت حفر الألغام غير مرئية بسهولة، يجب استخدام كاشفات الألغام أو القيام بعمليات سبر يدوية لتحديد أماكن الألغام.ومن ثم يتم تدمير الألغام بحشوات توضع يدوياً . كخيار بديل، يمكن رفع الألغام باستخدام المرساة وعند الضرورة باستخدام المنصة الثلاثية القوائم والتي تؤمن الرفع العمودي للغم، مما يسهل عملية سحب اللغم خارج الحفرة.

يقوم قائد الفصيل بتنظيم المقاتلين ضمن زمر منفصلة، تتدرب على جميع المهمات: رمي المرساة، الكشف، السبر، التأشير، وضع حشوات التدمير والفتيل الصاعق. يحتاج الفصيل إلى فترة طويلة من الزمن لفتح ممر في مثل هذه العوائق.

❖ **المرساة:**

عبارة عن أداة متعددة الأغراض تستخدم للخرق اليدوي للعوائق. فهي تستخدم لتفجير الألغام ذات أسلاك الإعثار والمشاعل المضادة للرفع. بعد ذلك يقوم المهندسون بالتحرك على الأقدام خلال حقل الألغام، يحددون بصرياً الألغام السطحية، ويحضرون عملية تدميرها. في حقول الألغام المدفونة، يقوم الجنود بعد استخدام المرساة بدخول حقل الألغام مع القيام بعملية السبر الإلكتروني واليدوي.

هناك نوعان من المرساة:

❖ الرمي اليدوي:

عبارة عن خطاف موصول إلى حبل خفيف بطول ٦٠م. مدى الرمي لا يزيد عن ٢٥م. يقوم الرامي برمي الخطاف ويأخذ مكان محمي قبل أن يصل الخطاف والحبل إلى الأرض منعاً لانفجار أي لغم عرضياً من جراء ارتطام الحبل والخطاف به. ثم يقوم بالإمساك بطرف الحبل، ويأخذ مكان محمي، ويبدأ سحب المرساة. عندما يسترد المرساة، يقوم الرامي برميها مرة أخرى ويكرر العملية على الأقل مرتين. ثم يتقدم إلى نهاية المنطقة المستكشفة بالمرساة ويكرر الإجراءات السابقة إلى أن ينتهي (يعتمد ذلك على عمق حقل الألغام).

❖ الرمي الصاروخي:

عبارة عن خطاف خفيف الوزن موصول إلى حبل خفيف بطول ١٥٠م مصممة للإطلاق من البندقية (حيث يوضع الخطاف في فوهة البندقية ويتم الإطلاق بزاوية ٣٠-٤٠ درجة لبلوغ المدى الأقصى الذي يتراوح بين ٧٥-١٠٠م).

الإجراءات العملية في التفتيش والنزع

مقدمة: التفتيش هو عملية بحث عن ألغام أو عبوات مزروعة تحت سطح الأرض على أعماق متفاوتة أو فوق الأرض مموهة بأساليب متعددة (مثل الصخور)، أو أفخاخ تتضمن أسلاك تعثر معدنية أو غير معدنية. هذه الألغام من الممكن أن تكون قد زرعت من قبل العدو أو من قبل طرف صديق ولم يتم الحصول على بيانات أو وثائق تحدد مكانه بشكل دقيق.

التجهيزات المطلوبة للقيام بهذه المهمة يجب توفر ما يلي:

- كاشفة
- سيخ سبر
- حربة
- قطاعة
- ضوامن
- شريط لاصق
- شريط تعليم
- حبل

ملاحظات هامة:

لأن أي عملية تفتيش عن ألغام تتضمن مخاطر متوقعة وغير متوقعة يجب الالتزام بما يلي:

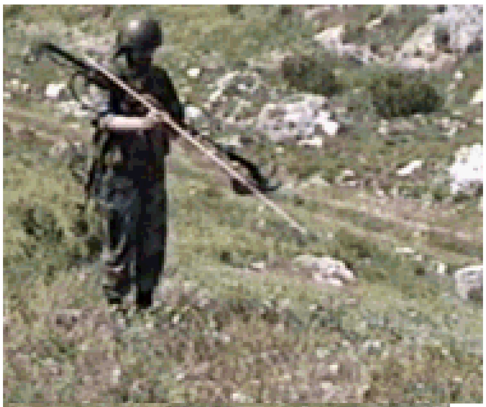
- أن يكون عنصر التفتيش متقدما على جميع عناصر الدورية حتى الدليل.
- أن يكون العنصر الذي يلي عنصر التفتيش بعيدا عنه مسافة لا تقل عن ٢٥ متر كحد أدنى.
- يجب حفظ المعبر أو الطريق الذي تم تفتيشه حتى يتم عبوره بشكل دقيق.
- يجب على عنصر التفتيش أن يقوم بتنبيه باقي أفراد المجموعة على عدم تحريك أو حمل أي جسم مشبوه دون مراجعته.

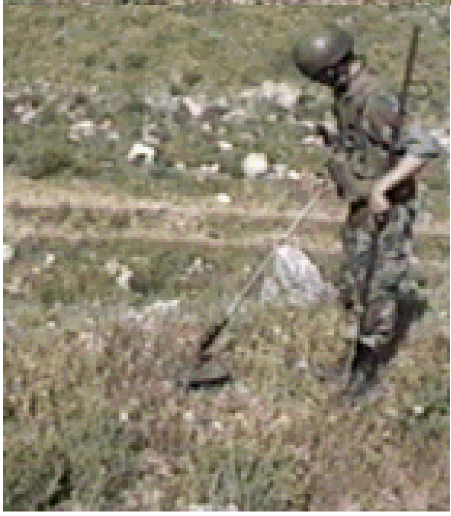
عملية التفتيش:

قبل البدء

- تحديد اتجاه وعرض المعبر المراد تفتيشه بدقة (كحد أدنى ١,٥ متر بالعرض)
- وضع الكاشفة على حالة التشغيل المناسبة ووضع سماعة الأذنين على الرأس واختبارها على قطعة معدنية صغيرة.
- حمل الكاشفة بشكل محكم (ثابتة باليد) وغير متعب.
- تثبيت السلاح الفردي لعنصر التفتيش بشكل محكم على الظهر.

الخطوات العملية





❖ الوقوف على بدايةحدود المعبر والبدء باستخدام سيخ السبر وذلك برفعه بهدوء من طرف القدم وحتى مستوى الرأس.

❖ البدء بالبحث عن الألغام بواسطة الكاشفة بتحريكها من اليمين إلى اليسار وبالعكس مع مراعاة عدم تقديم القدمين لتغطي عرض ١,٥ متر كحد أدنى ، يستمر التقدم بالكاشفة حتى حد طول سيخ السبر. يتم تكرار هاتان الخطوتان حتى تحسس سلك أو شيء معدني و حتى نهاية المعبر.

في حال أعطت الكاشفة إشارات تدل على وجود جسم معدني، يجب اتخاذ الخطوات التالية:

❖ إيقاف تشغيل الكاشفة ووضعها في حجره والركوع بشكل صحيح بعد تحديد مكان الجسم المعدني بشكل أكيد.

❖ كشف التراب بواسطة أصابع اليد بشكل ناعم ورقيق لكشف وإظهار نوعية الجسم ورؤيته. وفي حال كان سطح الأرض صلباً واستمرار تحسس الكاشفة لجسم معدني ، يتم استعمال الحربة للكشف عنه بانزالها في الأرض بزاوية ٣٠ درجة بخفة ومن دون ضغط كبير. يجب سحب الحربة بنفس زاوية غرزها.

❖ في حال كان سبب إصدار الصوت في الكاشفة قطعة معدنية (شظية،...) يجب نزعها بحذر ومن ثم إعادة التأكد بالكاشفة من عدم وجود جسم معدني آخر أو لغم.

نزع الألغام:

في حال كان سبب إصدار الصوت لغم أو العثور على لغم بأي طريقة أخرى يجب القيام بالخطوات التالية:

❖ كشف التراب عن صفحة الضغط بكل هدوء وحذر لمعرفة نوع اللغم.

❖ إزالة التراب من حوله (كشف جوانبه) للتأكد من عدم تفخيخه أو اتصاله بأي لغم أوعبوة.

❖ تحويل صفحة الضغط إلى حالة أمان أو وضع الضوامن في أماكنها أو نزع الصاعق حسب نوع اللغم.

❖ إذا كان اللغم من النوع المضاد للأفراد، يتم رفعه من حفرته بشكل هادئ والتأكد من عدم اتصاله بأي شيء آخر (فتيل انفجاري، سلك شد،....).

❖ إذا كان اللغم من النوع المضاد للآليات، يتم تأمينه من الأعلى أو تعليمه بشكل ظاهر ليتم التعاطي معه بحسب المهمة.(راجع فقرة تنبيهات هامة)

- ❖ وضع الصواعق في علبةخاصة بعد نزعها من الألغام.
- ❖ في حال وجود فتائل تصل اللغم بعبوات أخرى يتم تتبع الفتائل الانفجارية بواسطة الكاشفة وسيخ السبر والحربة لمعرفة أماكن العبوات مع مراعاة عدم رفع الفتيل من مكانه . يتم فقط إظهاره لمعرفة وجهته أو اتصاله بعبوات أخرى. (راجع فقرة تنبيهات هامة)

ملاحظة: يوجد بعض الألغام لا يمكن إعادة تأمينه أو نزع الصواعق منها مثل اللغم الروسيPMN-2 ، هذه النوعيات من الألغام يمكن تجميعها في أماكن ظاهرة للتخلص منها لاحقا.

التعاطي مع أسلاك التعثر:

عند العثور على سلك تعثر يجب القيام بالخطوات التالية:

- ❖ تفحص المنطقة بواسطة النظر بشكل دقيق قبل القيام باي حركة.
- ❖ القيام بتتبع مسار السلك بواسطة سيخ السبر والكاشفة بالاتجاهين لاحتمال وجود ألغام إفرادية تحت سلك التعثر وعلى طول مساره أو تقاطع أسلاك تعثر. يستمر التفتيش حتى الوصول إلى طرف السلك من الجهتين. يجب تفتيش محيط الوتد بواسطة الحربة لعدم امكانية تفتيشه بواسطة الكاشفة.
- ❖ بعد الوصول إلى طرف السلك (الوتد)، يجب كشف الوتد لمعرفة نوعه (وتد ماسورة أو وتد ربط) . عملية إزالة التمويه يجب أن تتم بشكل حذر وهادئ لاحتمال تشغيل ماسورة التعثر أو ماسورة أخرى (قطع شد) أثناء العمل بنزع التمويه.
- ❖ عند الوصول إلى وتد الماسورة، وبعد إزالة التمويه بحذر، يتم وضع الضوامن في أماكنها.
- ❖ بعدوضع الضوامن يتم قطع الفتائل الانفجارية .وذلك لقطع اتصال الصاعق بالعبوة مع الإلتفات إلى عدم إحتواء الأنبوب الذي يحضن الفتيل على أسلاك كهربائية. إذا كانت الماسورة موصولة بالعبوة مباشرة، يتم نزع الماسورة.
- ❖ يتم تتبع الفتائل الانفجارية بواسطة الكاشفة وسيخ السبر والحربة لمعرفة أماكن العبوات مع مراعاة عدم رفع الفتيل من مكانه . يتم فقط إظهاره لمعرفة وجهته أو اتصاله بعبوات أخرى.

تنبيهات هامة:

- ❖ يمنع تحريك العبوات الكبيرة أو محاولة نزعها من مكانها بسبب قيام العدو بتفخيخ معظم عبواته.
- ❖ يمنع ربط العبوات بحبال لشدها من مكان بعيد في محاولة لتفجيرها أو نزعها لاحتمال وجود عبوات أخرى غير متصلة بفتائل انفجارية بالعبوة التي يتم نزعها ، هذه العبوات من المحتمل أن تنفجر نتيجة ارتجاجها بسبب انفجار العبوة التي يتم نزعها. يتم التخلص من هذه العبوات بتفجيرها بواسطة مؤقت إلا في بعض الحالات الخاصة حيث يكون من الضروري محاولة نزعها من دون إصدار صوت.
- ❖ تنطبق هذه التنبيهات على الألغام المضادة للآليات والمجسمات الثقيلة لنفس السبب.
- ❖ يمنع نزع الأوتاد من الأرض بأي شكل من الأشكال لاحتمال تفخيخها.
- ❖ ينبغي التعاطي مع كل الأجسام المشبوهة على انها مفخخة.

كيفية تخطي حقل الألغام :

عند معرفة القوة نفسها بانها وقعت او شاهدت حقل الغام ، يجب القيام بالامور التالية وبدقة وخاصة اذا انفجر لغم باحد افراد القوة .

١- عدم التحرك بتاتا واعتبار المنطقة كلها مفخخة .
٢- ابلاغ الجهات المعنية .
٣- عدم التسرع لانقاذ المصاب ولو كانت حالته خطرة .
٤- البدء بتطهير ممر من مكان القدم حتى الوصول الى المصاب او تخطي الحقل وذلك بتحسس موطيء القدم بالحربة او سيخ الكلشن او اليد او بما هو متوفر.
٥- اعتبار المنطقة بحد ادنى ٢٥ م مفخخة .

ضحايا الألغام

تثير الألغام المضادة للأفراد رعب العالم، بسبب قتلها للآلاف من الأبرياء المدنيين الآمنين. فالألغام المضادة للأفراد تقتل و تصيب شهرياً ٢٠٠٠ من نساء وأطفال ومسنين . وتصل نفقة علاج شخص تسبب لغم في بتر ساقه حوالي ٣٠٠٠ دولار أمريكي، في حين أن متوسط دخل الفرد في بعض الدول التي تنتشر بها الألغام حوالي ١٢ دولار أمريكي شهرياً . ويقدر عدد الأشخاص الذين بترت أعضاؤهم في أنجولا "جنوب غرب إفريقيا" نتيجة لانفجار الألغام بعشرين ألف شخص، بعد خمسة عشر عاماً من الحرب، ومعظمهم من النساء والأطفال .

مصاعب عملية إزالة الألغام

من وجهة النظر العسكرية، تعدّ عمليات إزالة الألغام من المهام الصعبة والأنشطة المعقدة والخطرة، في الوقت نفسه، ويرجع ذلك إلى الآتي :

أ-ارتفاع نفقة إزالة الألغام، إذ تقدر بحوالي ١٠٠٠ دولار أمريكي، لإزالة اللغم الواحد، أي مطلوب مائة وعشرة مليارات من الدولارات لإزالة كافة الألغام المنتشرة في العالم.

ب- الخطر الشديد المصاحب لعمليات إزالة الألغام وتفجيرها، إذ تقدر بعض المصادر، أن هناك اثنين من القتلى أمام كل خمسة آلاف لغم، مما يعني أن الخسائر المتوقعة عند إزالة كل الألغام المنتشرة بالعالم "١١٠ مليون لغم "تقدر بحوالي ٤٤ ألف قتيل .

ج- طول الوقت اللازم لتنفيذ مهمة الإزالة والتطهير .

الألغام

مقدمة :

تعتبر الالغام من اخطر الاسلحة بالنسبة الى الاهداف البشرية والآلية . استخدامها حديث ، ظهر في الحرب العالمية الاولى بعد ظهور الآليات عند الانكليز . وكانت هذه الآليات سلاح مفاجئ للألمان ، فبدأ الالمان بالتفكير لأيجاد سلاح مضاد لها ، فأوجدوا الألغام اذ كانت بسيطة من حيث الاستخدام.

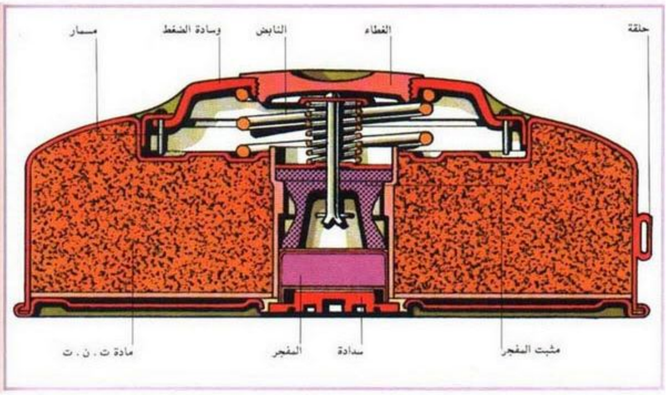
وبعد الحرب العالمية الاولى ظهرت الالغام عند جميع الجيوش ، فاصبحت سلاح لا يمكن الاستغناء عنه ، وبدأت بالتطور حتى ظهرت الالغام المتنوعة الاستخدام (للأفراد ، الآليات ، السفن وغيره) .

تعريف اللغم :

وهو عبارة عن علبة تحوي بداخلها على مواد إنفجارية أو اشتعالية كيميائية ، ولها جهاز عمل خاص يعمل على تفجيره او اشعاله بالوقت المناسب

، ويقسم اللغم بشكل عام الى اربعة اقسام :

١- جهاز العمل
٢- البدن الخارجي
٣- الحشوة الداخلية
٤- الصاعق .



رسم توضيحي لمكونات اللغم التقليدي

جهاز العمل :

وهو عبارة عن آلة ميكانيكية (تحتوي على نابض وناقر) أو كهربائية (شحنة + مفتاح كهربائي) او كيميائي (تفاعل مواد) او مغناطيسي او ميلان ، وكلها تعمل تحت تأثير عامل خارجي (شد ، ضغط ، رفع ضغط ، الخ ..) وكل هذا التأثير يؤدي الى توليد شعلة للصاعق الذي يولد بدوره موجة انفجارية تؤدي الى تفجير المواد في اللغم او اشعالها .

البدن الخارجي :

ويكون عادة من المعدن الرقيق او البلاستيك او الخشب ، ويعمل هذا الغلاف على حفظ الحشوة الداخلية (خاصة الاشتعالية) من الرطوبة والصدمات . وتختلف الالغام بشكلها عن بعضها البعض من حيث موارد استخدامها والدول المصنعة لها ، فمنها : مربع ، او برميلي ، او مصف برميلي .

الحشوة الداخلية :

وتكون عادة من المواد المتفجرة الرئيسية مثل آل TNT او مركب B + حشوة مساعدة (BTIN) او مواد كيميائية اشتعالية (مضيئ او دخاني) .

الصاعق :

وهو بادئ الانفجار في اللغم ، ويختلف شكله من لغم لآخر .

وتنفجر الألغام بإحدى الطرق التالية:

(1)تعرضها للضغط بدرجة محدودة، أو إرخاء "رفع" الضغط من فوقها.

(2)الشد أو إرخاء الشد بواسطة سلك إعثار.

(3)تعرضها للاهتزاز، أو الميل.

(4)ينفجر تلقائياً بعد مرور زمن محدد.

(5)إلكترونياً، ومن هنا ظهر المفجر الإلكتروني.

(6)مغناطيسياً، وذلك بتغيير المجال المغناطيسي، ومن هنا ظهر المفجر المغناطيسي.

أنواع الألغام

تقسم الألغام بشكل عام إلى قسمين : انفجارية و اشتعالية (إنارة ، حارقة ، دخانية) .

الألغام الانفجارية :

وتتعدد أنواع الألغام، طبقاً للغرض من استخدامها، وتأثيرها، وطريقة نشرها وزرعها، كالآتي:

أ طبقاً للغرض من الاستخدام:

(1)ألغام برية (أرضية).

(2)ألغام بحرية.

(3)ألغام خاصة (تفجير المنشآت والأهداف الاقتصادية وتدميرها). ومن أمثلة ذلك، تلغيم وتفجير آبار النفط والمنشئات الحيوية بالكويت بواسطة القوات العراقية، باستخدام مادة تفجيرية من عجائن TNT الشديدة الانفجار بمعدل يتراوح بين ٢٠ . ٣٠ رطلاً للبئر الواحد، وتزويدها بأجهزة التفجير، وكبسولات الإشعال اللازمة، وتوصيلها بفتيل سريع الاشتعال.

أولاً الألغام الأرضية وتنقسم إلى:

(1)ألغام مضادة للدبابات .

(2)ألغام مضادة للأفراد.

(3)ألغام المياه الضحلة.

(4)ألغام الإضاءة.

وبعض المراجع الأخرى تقسم الألغام الأرضية إلى:

1-الألغام المضادة للأفراد

2-الألغام المضادة للدبابات

3-الألغام الكيميائيه

4-الألغام المتحكم فيها

5-الألغام النووية.

الألغام المضادة للأفراد:

وهي عبارة عن علبة صغيرة نسبياً بدنها الخارجي من المعدن او البلاستيك الرقيق او الخشب او الحديد الصلب ، وتحتوي بداخلها غالباً على مواد نصف حساسة وتعمل هذه الالغام تحت تأثير عامل خارجي (ضغط ، سحب) ، وتزرع هذه الالغام بشكل مطمور او مكشوف ، تستخدم لقتل وإصابة جنود العدو، يوجد بها صمامة حساسة (جهاز تفجير) تنفجر نتيجة لوزن أصغر الأشخاص كما يمكن أن تنفجر أيضاً عندما يتعثر الشخص بالسلك أو يحرك شيئاً يتصل باللغم بوساطة سلك.

هنالك بعض الألغام المضادة للأفراد بها عبوات متفجرة صغيرة وهي بالتالي تقتل أشخاصًا قليلين على مسافة قصيرة. وتستطيع أخرى قتل كثير من الناس على بعد يزيد على180 م.

تَرمي بعض الألغام المضادة للأفراد عبوة متفجرة تنفجر في الجو وتنثر الشظايا فوق منطقة كبيرة .

تخبأ الألغام المسماة بالشراك الخداعية في مبانٍ أو تحت الجنود الموتى كما يمكن إخفاؤها أيضًا داخل أجسام عادية مثل الأجهزة والحقائب الصغيرة التي من المحتمل أن يحركها جنود العدو.

تحدث هذه الألغام، في حالة انفجارها تأثير فتاك. وتتوقف درجة الإصابة، على حجم اللغم ووزنه، وكمية المادة المتفجرة. فالألغام التي تعتمد في تأثيرها، على موجة الضغط، تحدث إصابات تحت الركبة (في القدم والأرجل)، ولا تحدث إصابات رئيسية، فوق هذا المستوى، أّما الألغام المتشظية، فتحدث إصاباتها في جميع أجزاء الجسم، وتزيد عدد الإصابات بالشظايا، كلما كان الشخص قريباً من الانفجار، وقد تصل درجة الإصابة إلى القتل.

الألغام المضادة للدبابات:

عبارة عن علبة من المعدن الرقيق او البلاستيك تحتوي بداخلها على مواد متفجرة (TNT او مركب B) ولها جهاز عمل خاص يعمل على الضغط او الميلان او الذبذبات او القوة المغناطيسية او بشكل الكتروني وتزرع هذه الالغام بشكل مكشوف او مطمور تدمر دبابات العدو والمركبات الأخرى .هذه الألغام أكبر من الألغام و تنفجر أغلب أنواع الألغام المضادة للدبابات . فقط . عندما يتحرك فوقها وزن يزيد على حوالي ١٥٠كجم .يستطيع الجنود السير بأمان على هذه الألغام ولكنها تدمر الشاحنات والمركبات الخفيفة التدريع وتتلف . على الأقل . الجنازير المعدنية التي تتحرك عليها الدبابات.

الألغام الكيميائية تطلق غازًا سامًاعندما تنفجرويقتل الغاز أويصيب الجنود الذين لايرتدون الملابس الواقية

الألغام المتحكم فيها: تزرع في الموضع المحدد لها قبل المعركة. وتنفجر عن طريق التحكم من بعد عندما تقترب منها قوات العدو.

الألغام النووية: تحتوي الألغام النووية على أجهزة نووية صغيرة، تُستخدم هذه الألغام لنسف الجسور الخرسانية أو قفل الممرات الجبلية. وتتطلب مثل هذه المهام عدة أطنان من المتفجرات التقليدية، إلا أن الألغام النووية صغيرة بحيث يستطيع أن يحملها شخصان أو تنقل داخل عربة جيب.

ب -تقسم الألغام طبقاً لتأثيرها، إلى:

(1)ألغام انفجارية "ذات تأثير تدميري"

تعتمد في تأثيرها على موجة الضغط الناتج من انفجار المادة المتفجرة. والإصابة التي تحدث في الهدف، تكون نتيجة مباشرة للانفجار نفسه. وهذا النوع من الألغام يكون غلافه الخارجي من مادة خفيفة "من البلاستيك أو المعدن ذو سمك قليل"، بينما تزيد فيه كمية وحجم المادة المتفجرة. وتتوفر هذه النوعية في الألغام المضادة للدبابات، وبعض الألغام المضادة للأفراد.

(2)ألغام متشظية "ذات تأثير شظيي"

تعتمد في تأثيرها على تأثير الشظايا الناتجة من اللغم بعد انفجاره. وهذا النوع من الألغام يتكون غلافه الخارجي، من حديد الزهر ومادة الفولاذ، وعند انفجاره ينتج عدد كبير من الشظايا، الناتجة من تفتت الغلاف نفسه أو المعبأة داخله. وقد يصل عددها إلى ١٠٠٠ شظية، تتطاير إلى مسافات بعيدة لأعلى وللأجناب. وعادة، يحدث اللغم، حسب وزنه، دائرة قتل قطرها ٢٥ م، ونطاق إصابة يزيد على ذلك.

(3)ألغام كيماوية

وهي معبأة بمواد كيماوية، بدلاً من المواد شديدة الانفجار، ينتج عند تفجيرها غازات حربية. وهذا النوع من الألغام محرم تحريماً دولياً.

قذائف أمريكية حاملة للألغام

جـ وتقسم الأنواع طبقاً لطريقة نشرها وزرعها

❖ ألغام تقليدية:

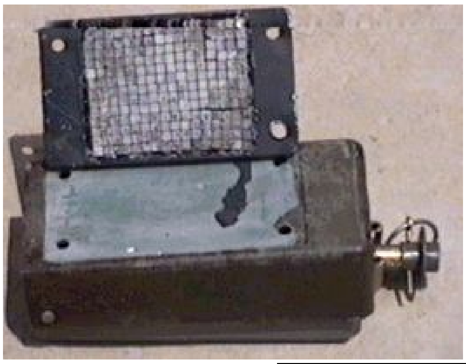
تُنشر وتُرص وتُزرع يدوياً بالأفراد، أو ميكانيكياً بواسطة مقطورات رص الألغام، أو بعربات مدرعة مزودة بتجهيزة خاصة للرص.

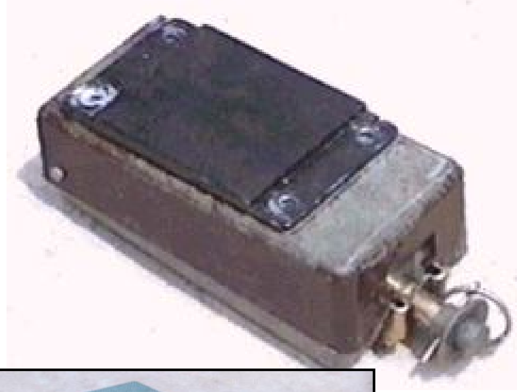
❖ ألغام مبثوثة عن بعد "مبعثرة"

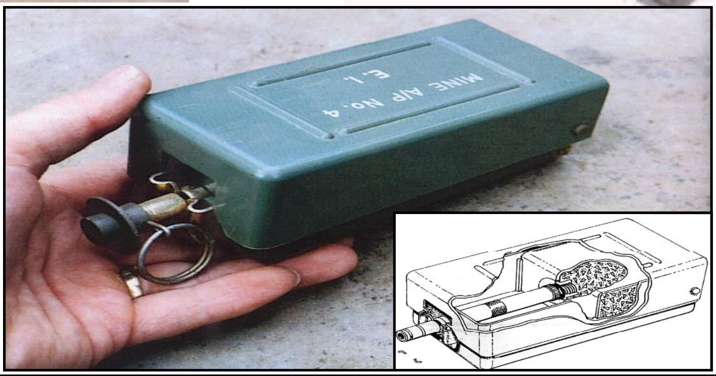
وهي الألغام التي لا تزرع مباشرة بواسطة الأفراد، وإنما تصل إلى أهدافها، بعد تعبئتها داخل وسيلة أخرى

ملاحظة/تنفجر القذيفة قبل اصطدامها بالأرض وتنشر الألغام ومن أمثلة ذلك، قذائف المدفعية، والصواريخ، المعبئة بالألغام، والتي يتم إطلاقها بمدفع أو قاذف صاروخي أو من وسيلة مماثلة، لتوصيلها إلى منطقة الهدف، أو تعبئتها داخل قنبلة، يتم إسقاطها في منطقة الهدف، بواسطة طائرة.والألغام التي تبث من مسافات بعيدة، يصعب تسجيلها، ومعرفة أماكنها، إذا طُمرت، لكونها تنتشر بطريقة عشوائية. ويتميز اللغم المبثوث بصغر حجمه، وفاعلية تأثيره .لذا، فإن أهمية اللغم الصغير الحجم تزداد زيادة ملحوظة. وعادة، يتم تزويد قذائف المدفعية والصواريخ الحاملة للألغام بطابات (صمامات، أو فيوزات) انفجار جوي، لتفجيرها في الجو فوق منطقة الهدف وبعثرة ما بها من ألغام.

في ما يلي استعراض الالغام المضادة للفرد والافراد والآليات :

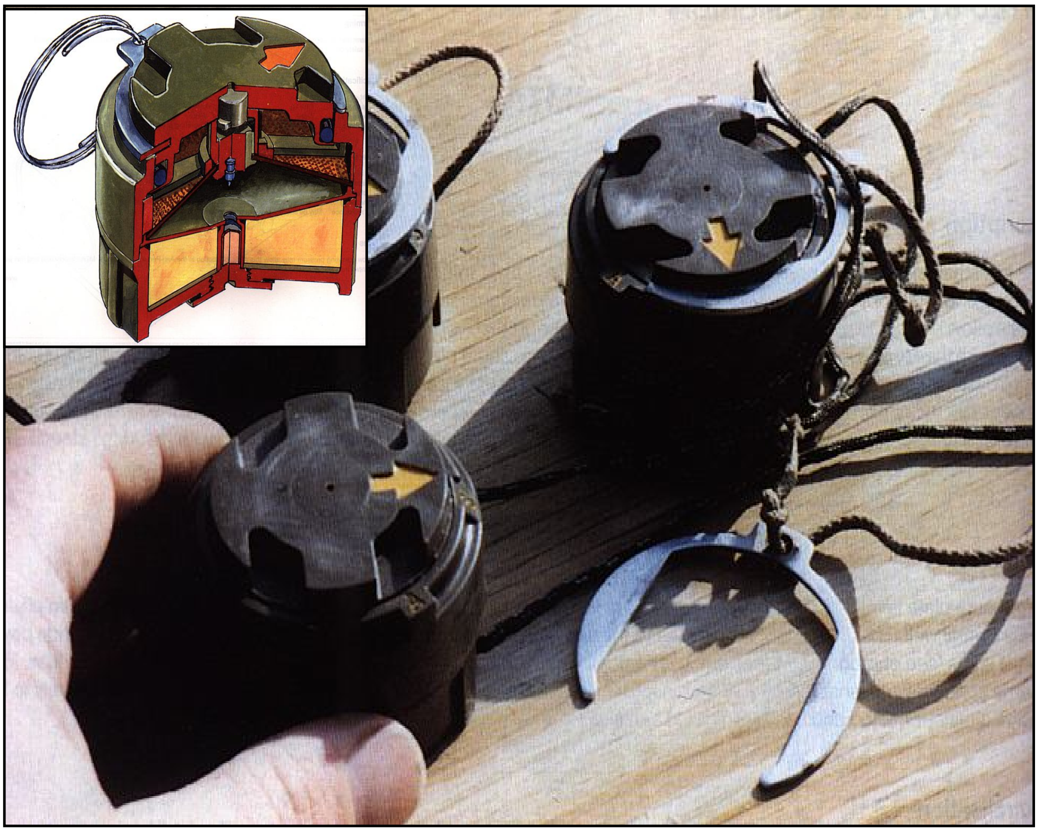




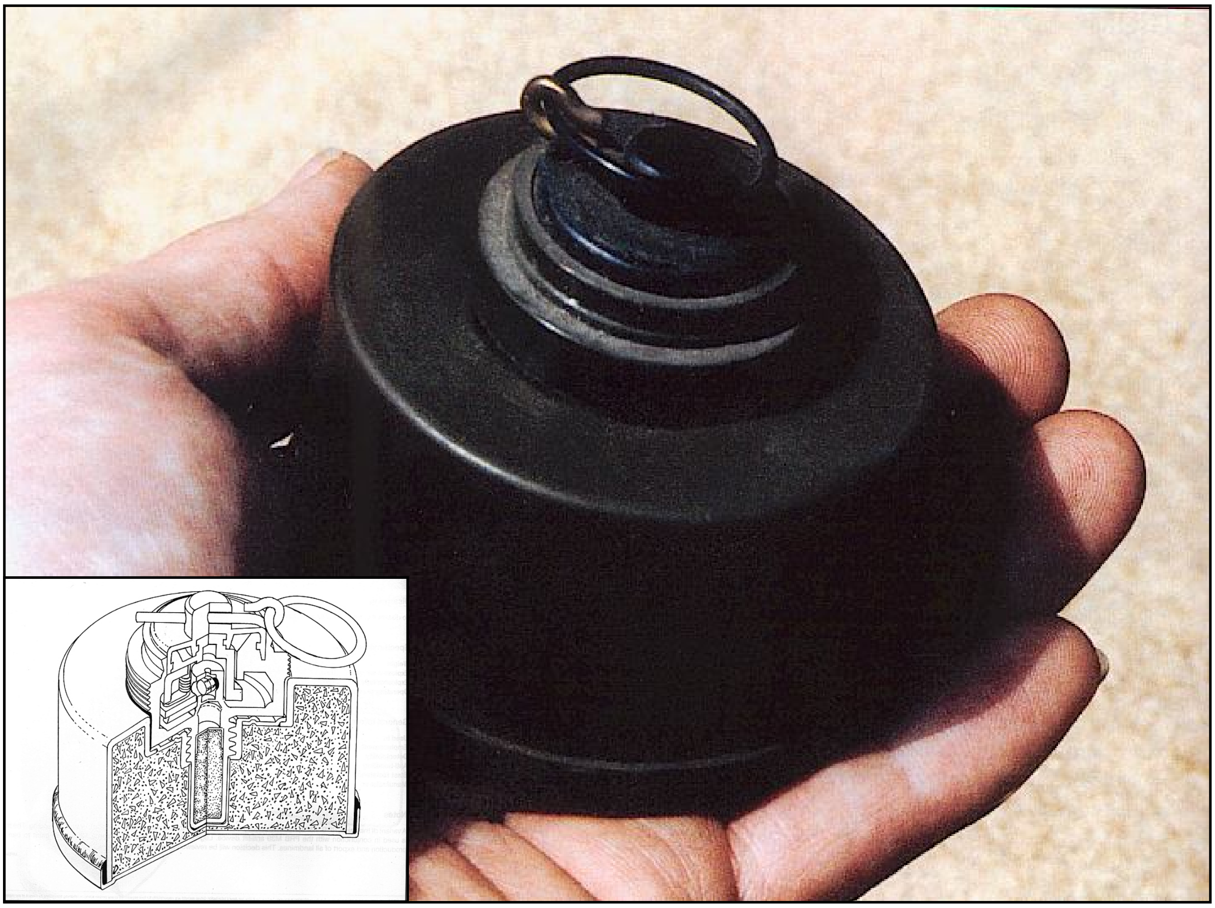


الاسم والصنع	AP- N O _ 4 صنع إسرائيل	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد الفرد .	الحشوة الأصلية ووزنها	TNT ١٨٠ غرام
الجنس ولون البدن	بلاستيك زيتوني	الحشوة المساعدة	٢٢ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٣٥٠غرام

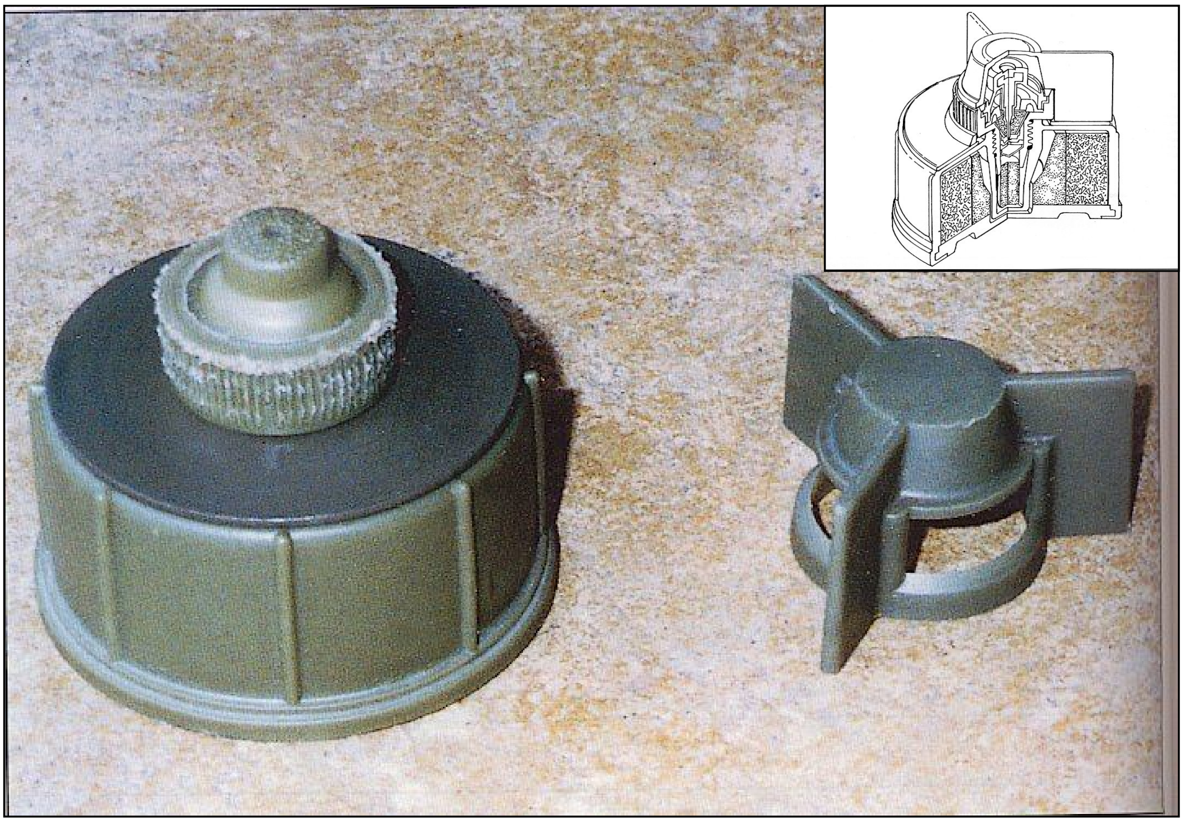
طريقة التسليح	يتم طريقة تركيب الماسورة في اللغم وبعدها ينزع الضامن من الماسورة ، ويتم إنزال صفحة الضغط على الماسورة بهدوء
طريقة التعطيل	يتم إخراج اللغم من حفرته ومن ثم يوضع الضامن في مكانه ويتم نزع الماسورة
تجارب وتنبيهات	يقوم الإسرائيليون في هذا الوقت الحاضر بوضع صفيحة مشظية على صفحة الضغط من الأعلى (٢٠٠ شظية من المكعبات) والهدف منها تحويل اللغم إلى عبوة قاتلة مستقلة ، ولم يتم توصيل هذه الألغام ببعضها بواسطة الفتائل الانفجارية . الفرق بين اللغم الإسرائيلي والأمريكي هو أن كرسي الضغط في الماسورة الإسرائيلية أكبر وفتحة الكرسي في صفحة الضغط أوسع . يمكن تفخيخ هذا اللغم أيضا بواسطة حلقة موجودة في اسفل اللغم من الخلف .



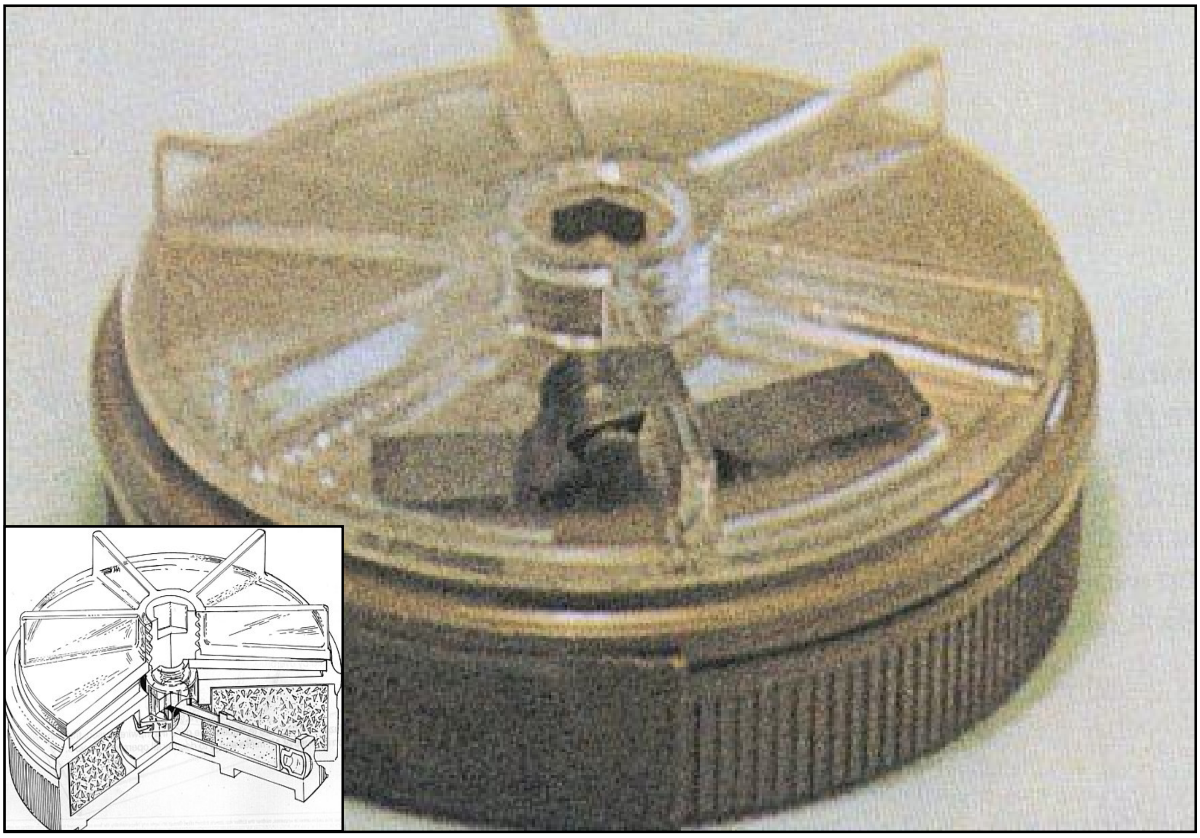
الاسم والصنع	14 _ M (صفحة البوصلة)	جهاز عمل فرعي	ليس لديه
المهمة	ضد الفرد .	عدد الصواعق	واحد انفجاري
الجنس ولون البدن	بلاستيك . اخضر	الحشوة الأصلية ووزنها	تتريل ٣٠ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الحشوة المساعدة	ليس لديه
الضغط اللازم لعمله	٩الى ١٦ كيلوغرام	الوزن الكلي	٩٩ غرام
درجة الحرارة التي يعمل بها	من ٤٠ إلى + ٥١,٥ درجة		
طريقة التسليح	ينزع الغطاء مكان الصاعق ويركب مكان هذا الغطاء حامل الصاعق ثم ينزع الضامن العنقي ويحول ضامن صفحة الضغط من حالة (S) الأمان إلى حالة التسليح (A) ثم يموه اللغم .		
طريقة التأمين	يتم إرجاع ضامن الصفحة من حالة (A) إلى حالة (S)		
طريقة التعطيل	بعد تحويل الصفحة إلى حالة (S) يتم وضع حلقة الضامن في مكانها .		



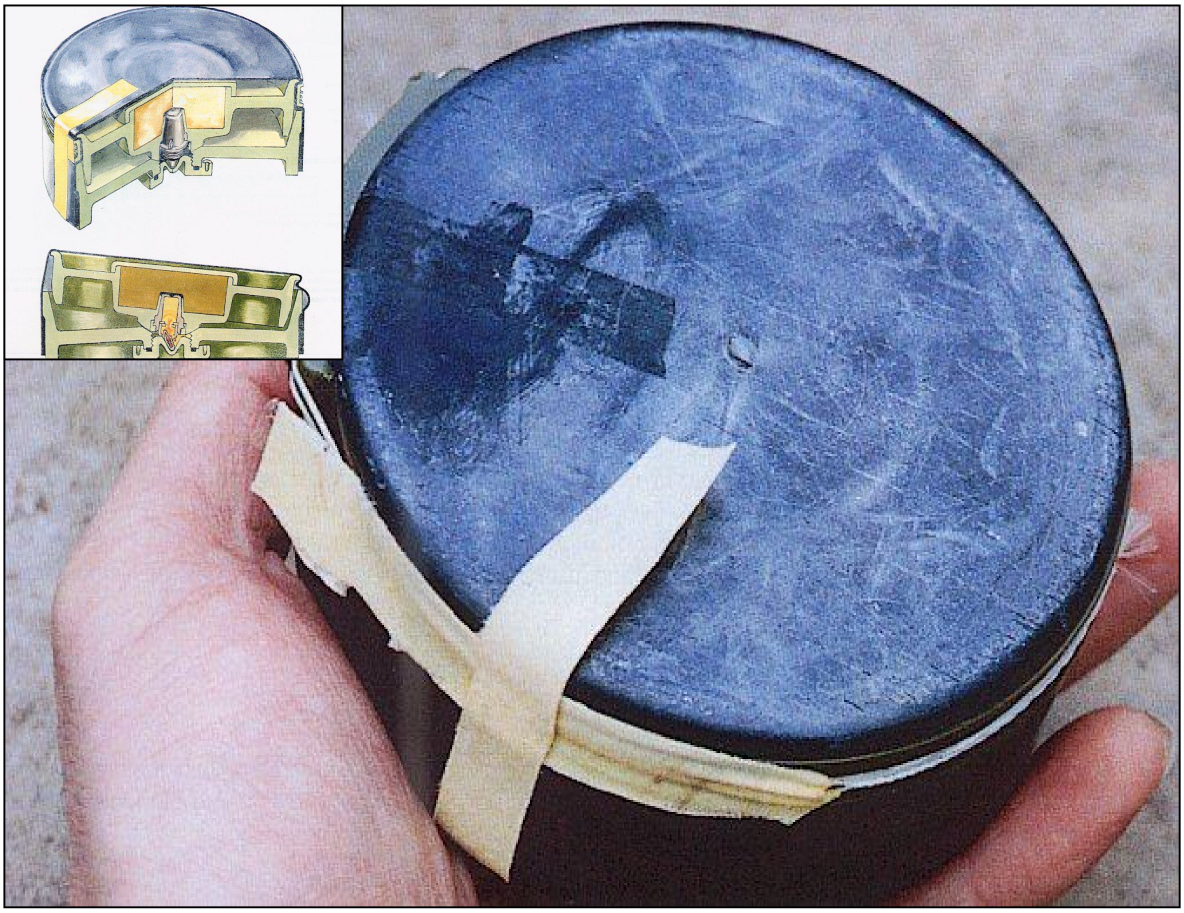
الاسم والصنع	35 _ M صنع بلجيكا	عدد الصواعق	٣ (واحد انفجاري واثنين احتراقي) جميعهم موجودين في جهاز العمل
المهمة	ضد الفرد .	الحشوة الأصلية ووزنها	TNT + نيترات بوتاسيم (١٠٠) غرام
الجنس ولون البدن	بلاستيك اخضر زيتوني	الحشوة المساعدة	ليس لديه
نوع جهاز العمل	ضغط (جهاز عمل M5	الوزن الكلي	١٥٨ غرام
الضغط اللازم لعمله	٥الى ١٥ كيلوغرام	درجة الحرارة التي يعمل بها	من – ٣٠ إلى +٦٠ درجة
ماسورة فرعية	ليس لديه		
طريقة التسليح	يركب جهاز العمل في بدن اللغم وبعدها يتم نزع الضامن		
طريقة التعطيل	'ولاً يتم تأمين جهاز العمل وذلك بوضع الضامن في مكانه وبعدها ينزع جهاز العمل		
تجارب وتنبيهات			
طريقة التأمين	يتم وضع الضامن في مكانه في جهاز العمل		



الاسم والصنع	M-59 – فرنسا	عدد الصواعق	١ انفجاري
المهمة	ضد الفرد	الحشوة الاصلية ووزنها	TNT ٧٠ غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك – أخضر زيتوني	الحشوة المساعدة	لا يوجد
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	١٣٠ غرام
الضغط اللازم لعمله	٥ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	
ماسورة فرعية	لا يوجد		
طريقة التسليح	يتم وضع الصاعق في اللغم وفتحته إلى الأعلى وبعدها يتم وضع جهاز العمل ونزع الضامن الشوكي		
طريقة التعطيل	يتم نزع جهاز العمل ونزع الصاعق من اللغم		
تجارب وتنبيهات	اللغم لا يحتوي على معادن لذلك يتم وضع طوق معدني لجعل عملية كشفة ممكنة بالكاشفة		
طريقة التأمين	يتم وضع الضامن الشوكي		



الاسم والصنع	M-411 صنع البرتغال	عدد الصواعق	١- انفجاري
المهمة	ضد الأفراد	الحشوة الأصلية ووزنها	TNT أو مركب B
جنس ولون البدن	بلاستيك . اخضر / باج	الحشوة المساعدة	
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	١٨٠ غرام
الضغط اللازم لعمله	٨ – ٣٠كلغ	**درجة الحرارة التي يعمل بها**	
ماسورة فرعية			
طريقة التسليح	يتم إدخال الصاعق في اللغم والفتحة في جهة الداخل وبعدها يجب نزع صفحة الضامن		
طريقة التأمين	وضع صفحة الضامن		
طريقة التعطيل	وضع صفحة الضامن ونزع الصاعق من اللغم		
تجارب وتنبيهات	اللغم مجهز بكبسولتين ، ملاحظة : لغم M411 هو نسخة عن اللغم M409 ولكن الفارق هو أن صفحة الضامن في اللغم M411 يركب بجسم اللغم بواسطة حلزون بينما صفحة الضامن في اللغم M409 يتم وضعها على اللغم وتثبيتها بواسطة دبوس ضامن		



الاسم والصنع	PMA-3	عدد الصواعق	١ انفجاري
المهمة	ضد الفرد	الحشوة الاصلية ووزنها	تتريل ٣٥غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك – أسود + أخضر	الحشوة المساعدة	لا يوجد
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	١٨٠ غرام
الضغط اللازم لعمله	٨- ٢٠ كلغ	**درجة الحرارة التي يعمل بها**	
ماسورة فرعية	لا يوجد		
طريقة التسليح	بعد أن يتم وضع الصاعق يجب نزع الخيط والقطعة البلاستيكية الموصولة به		
طريقة التعطيل	يجب نزع الصاعق من اللغم		
تجارب وتنبيهات	هذا اللغم لا يحتوي على معادن لذلك لا يمكن اكتشافه بكاشفات المعادن		
طريقة التأمين			

الاسم والصنع	PMN 2	عدد الصواعق	١ انفجاري
المهمة	ضد الفرد	الحشوة الاصلية ووزنها	TNT/ RDX ١٠٠غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك – أخضر أو بني	الحشوة المساعدة	RDX
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٤٢٠ غرام
الضغط اللازم لعمله	١٥ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	
ماسورة فرعية	لا يوجد		

طريقة التسليح	يتم تسليح اللغم عبر شد ذراع التسليح الموجودة في جانب اللغم بعد نزع الضمن منها
طريقة التعطيل	لا يمكن تعطيل هذا اللغم أو تأمينه
تجارب وتنبيهات	لا يتسلح هذا اللغم إلا بعد مرور من ٢– ٣ دقائق بعد شد ذراع التسلح
طريقة التأمين	

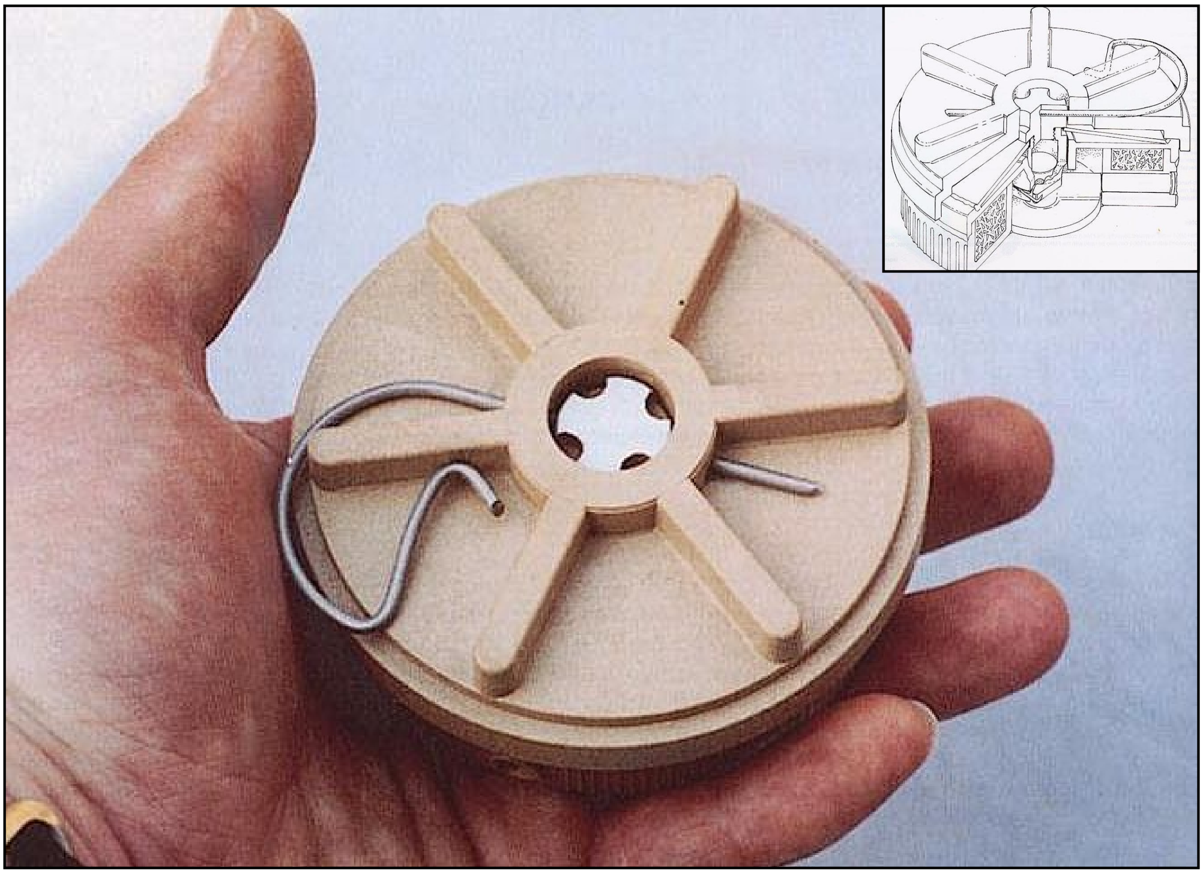
الاسم والصنع	P.M.D.6 صنع روسيا
المهمة	ضد الفرد .
جنس ولون البدن	خشب _ لونه أسود
نوع جهاز العمل	ضغط
الضغط اللازم لعمله	٩٠٠ غرام إلى ١ كيلوغرام
ماسورة فرعية	ليس لديه

عدد الصواعق	صاعق واحد تركيبي (انفجاري)
الحشوة الأصلية ووزنها	TNT ٢٠٠ غرام
الحشوة المساعدة	ليس لديه
الوزن الكلي	٤٠٠غرام
درجة الحرارة التي يعمل بها	غير معلومة

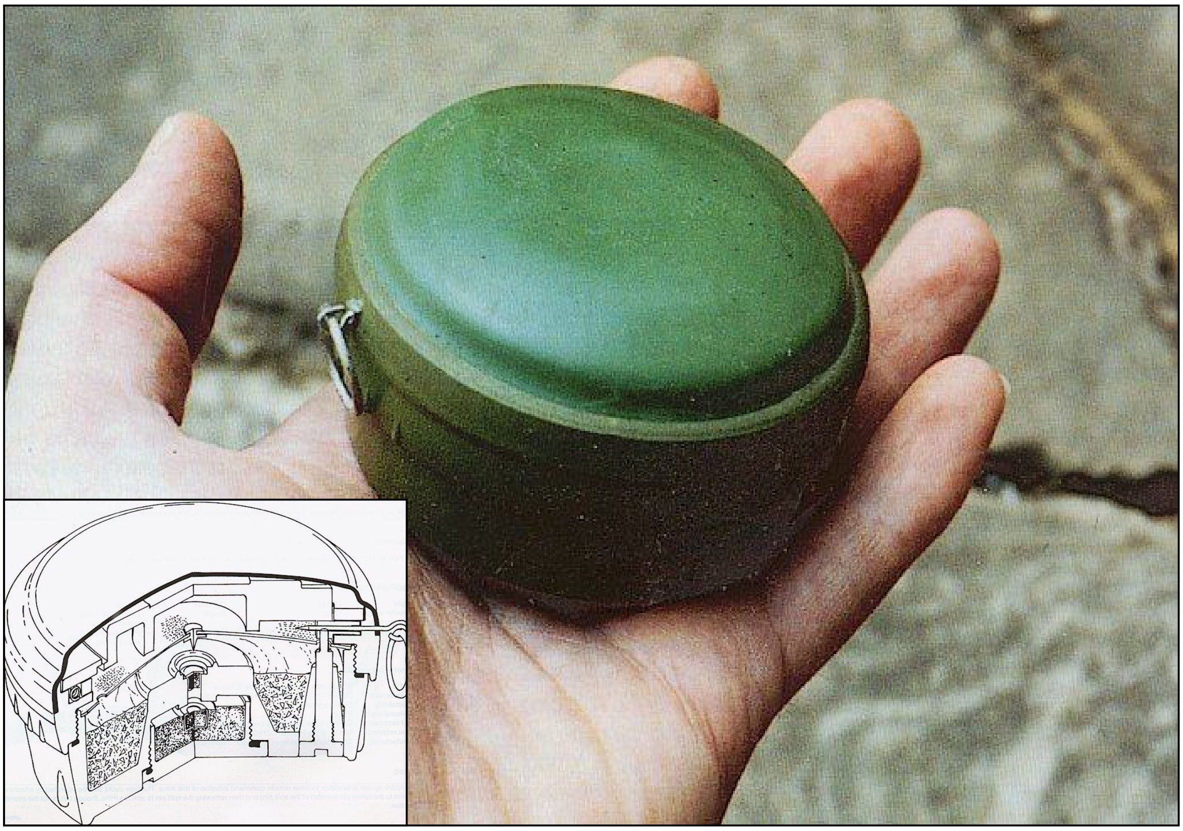
طريقة التسليح	نضع الحشوة الأساسية داخل اللغم بحيث تكون فتحة مكان الصاعق إلى الخارج ، ثم نصل الصاعق بجهاز العمل ونضعهم داخل الحشوة الأصلية (يجب أن يكون جهاز العمل داخل اللغم بحيث تكون إبرة الضامن ملتصقة بجانبي صفحة الضغط ووجهها إلى الأسفل) ومن ثم يوضع اللغم في المكان المخصص له ويقفل غطاء اللغم ويتم سحب ضامن التأخير ويموه .
طريقة التعطيل	بعد أن يتم العثور على اللغم يتم تنظيف أطرافه وجوانبه بشكل دقيق وكامل ثم يحمل باحتياط ايضاً (لا تنسى أن تضع إصبعك بين بابي اللغم) ثم ينزع جهاز العمل ثم ينزع الصاعق منه .
تجارب وتنبيهات	في بعض الأماكن شوهد هذا اللغم مفخخ يشكل انه وضع في قسمه السفلي مسمار أو قطعة حديد وحفر له في الأرض ، وتم وصله بلغم آخر بسلك التفخيخ بحيث انه بمجرد ما يتم رفع اللغم الأول يسحب الضامن وينفجر اللغم الثاني .

الاسم والصنع	N_ M P. صنع روسيا	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد الفرد .	الحشوة الأصلية ووزنها	TNT ٤٠ غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك . بني	الحشوة المساعدة	تتريل ٩ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٥٥٠ غرام
الضغط اللازم لعمله	٢٢٧ غرام	درجة الحرارة التي يعمل بها	غير معلومة
ماسورة فرعية	ليس لديه		

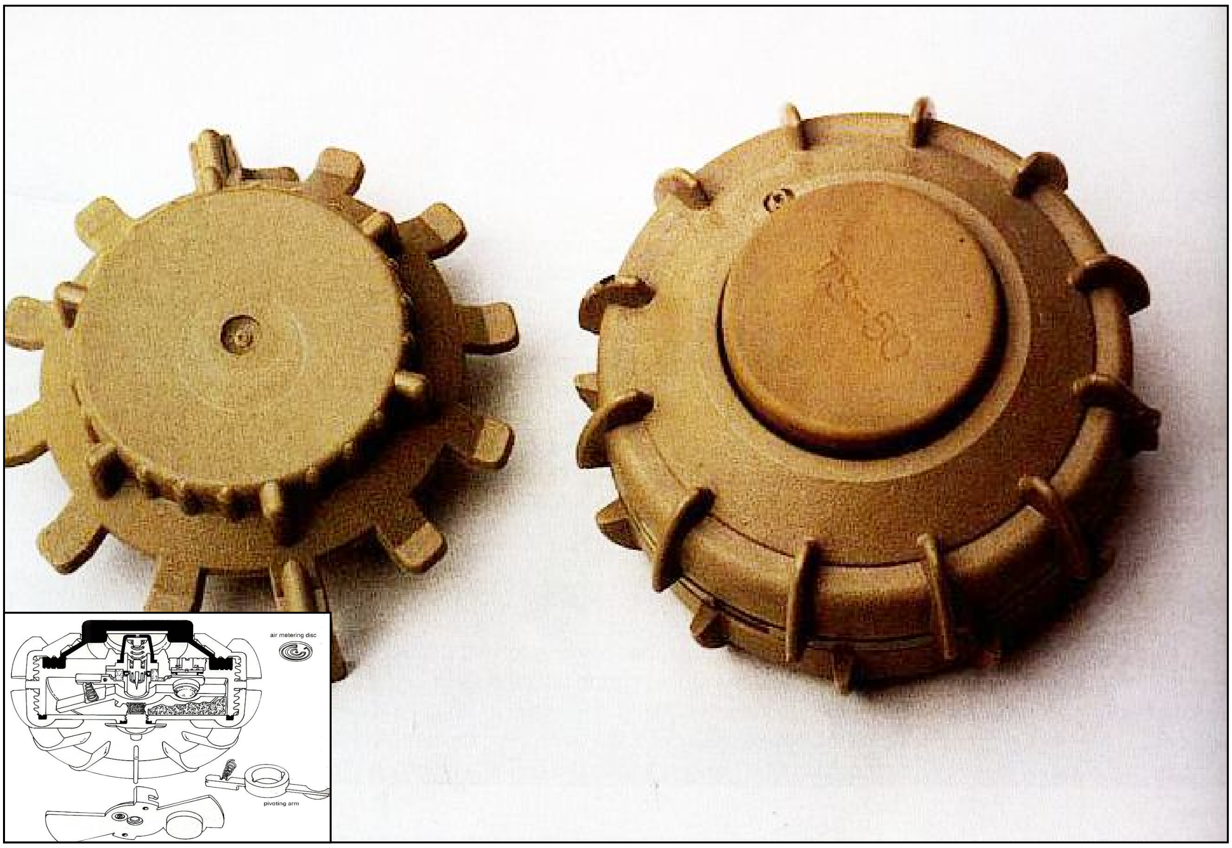
طريقة التسليح	يتم فتح غطاء مكان الصاعق ويتم وضع الصاعق ويجب أن تكون الكبسولة من جهة الداخل ويتم الإغلاق عليه بعدها يتم سحب الضامن
طريقة التعطيل	يمسك اللغم من الناحية الجانبية ويرفع عن الأرض ثم يتم إخراج الصاعق من مكانه .
تجارب وتنبيهات	
طريقة العمل	



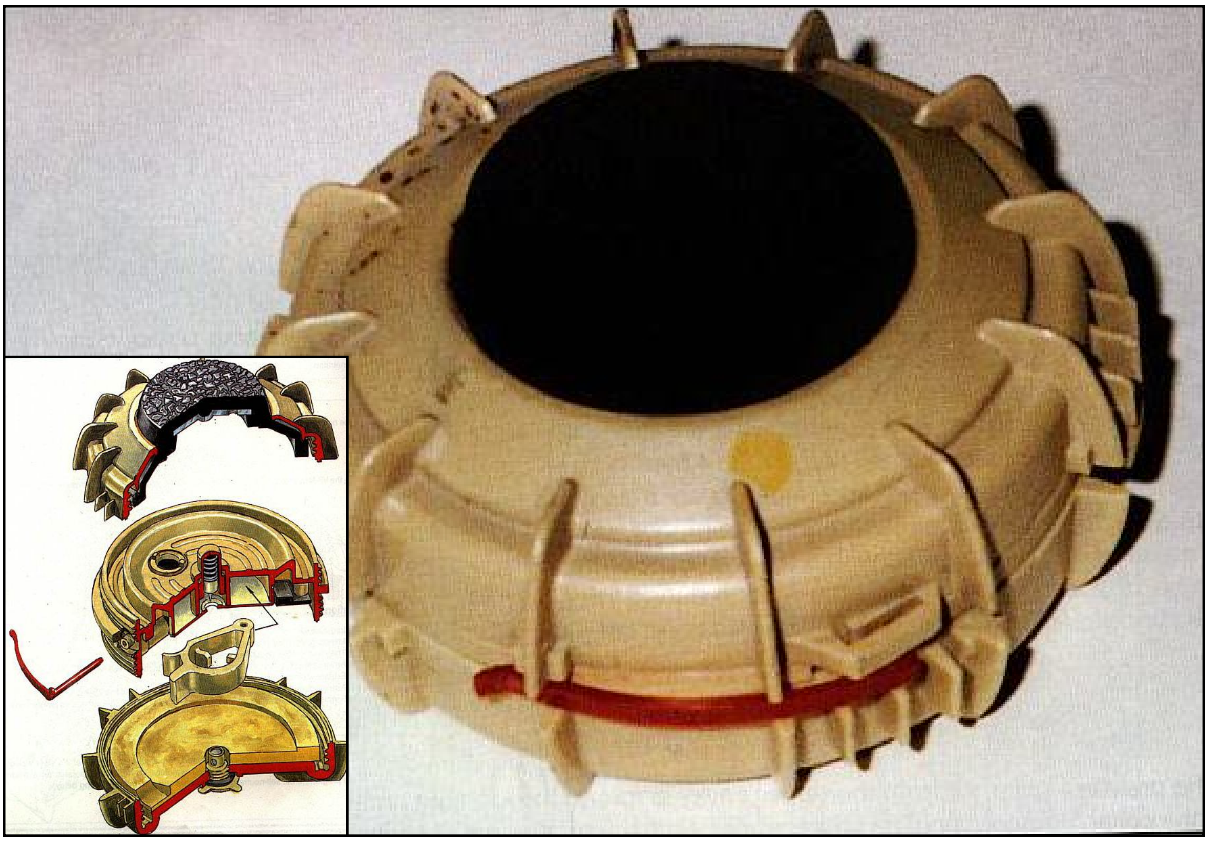
الاسم والصنع	P.R.B_ M 409 بلجيكا	عدد الصواعق	٣ (٢ اشتعالي و ١ انفجاري)
المهمة	ضد الفرد .	الحشوة الأصلية ووزنها	ـ ٨٠ غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك . زيتوني	الحشوة المساعدة	بتن _ ١٠ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	١٨٣ غرام
الضغط اللازم لعمله	٨ الى ٣٠ كيلوغرام	درجة الحرارة التي يعمل بها	من – ٣٢ إلى + ٥٢ درجة
ماسورة فرعية	ليس لديه		
طريقة التسليح	يتم فتح قضيب الضامن ٩٠ درجة وإخراجه ثم ينزع الضامن ويموه الغم		
طريقة التعطيل	يتم أخذ الغم من الناحية الجانبية ويؤمن ثم يسحب الصاعق بشيء بلاستيكي رفيع		
تجارب وتنبيهات	اللغم مجهز بكبسولة . الأجزاء المعدنية هي النواقر الحديدية والكباسيل المينيوم .		



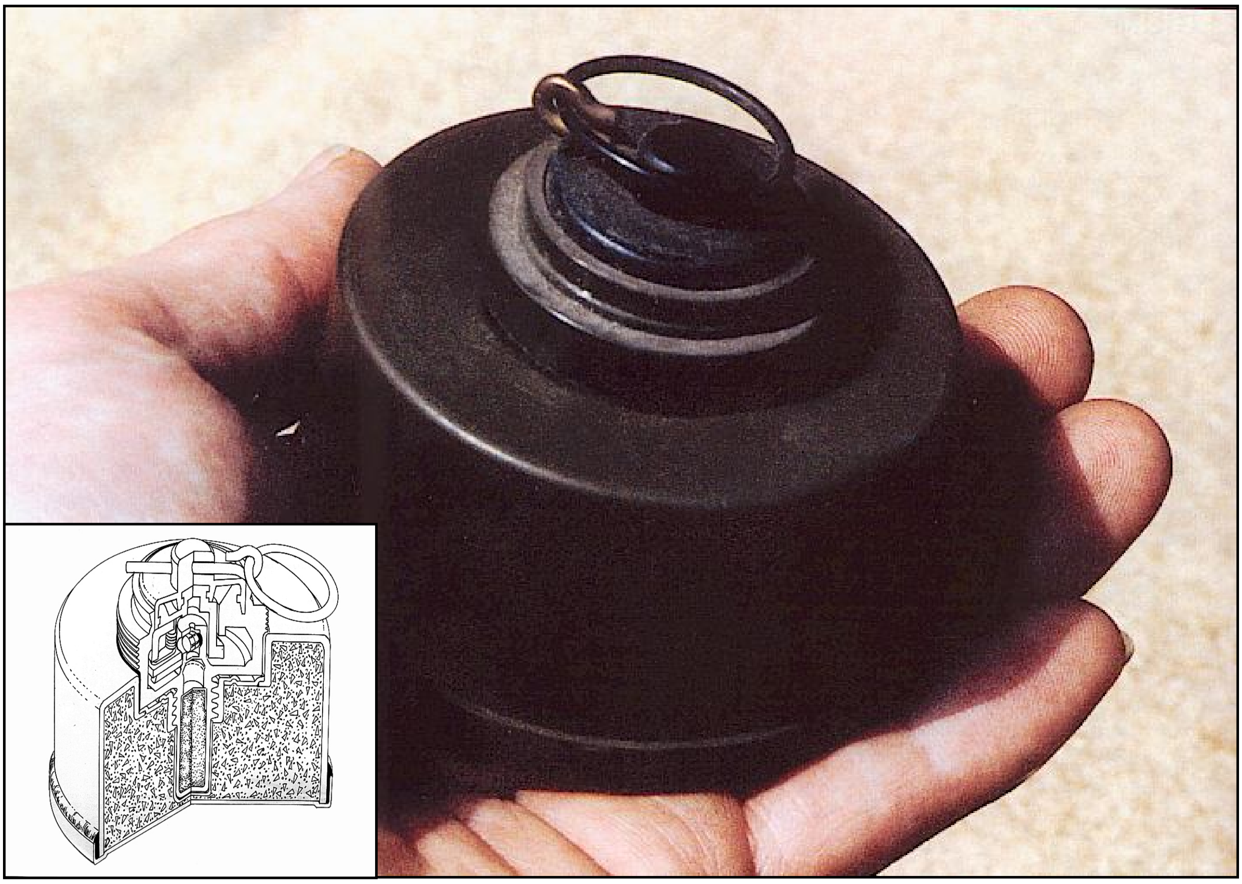
الاسم والصنع	TYPE – 72 صناعة الصين .	عدد الصواعق	١ انفجاري
المهمة	ضد الفرد .	الحشوة الأصلية ووزنها	TNT ٥١ غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك . أخضر فاتح	الحشوة المساعدة	R.D.X
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	١٤٠ غرام
الضغط اللازم لعمله	من ٥- ١٠كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	
ماسورة فرعية	لا يوجد		
طريقة التسليح	يتم وضع الصاعق داخل الحشوة المساعدة التي تركب في أسفل اللغم		
طريقة التعطيل	تنزع الحشوة المساعدة من اللغم وينزع منها الصاعق		
تجارب وتنبيهات	يجب الانتباه إلى أن اللغم بعد زرعه وإخراجه لا يمكن أن يدخل الضامن إلى مكانه (اللغم مجهز بكبسولة) . ويجب الانتباه إلى عدم الخلط بين صاعق لغم VS-50وبين صاعق لغم M-72 نظراً للتشابه بينهما وتقريباً بنفس الحجم (الفارق بينهما أن صاعق اللغم M-72 يحتاج إلى شعلة فقط من داخل اللغم لكي ينفجر بينما صاعق اللغم VS-50 مجهز بكبسولة ويحتاج إلى ضربة الناقر .		



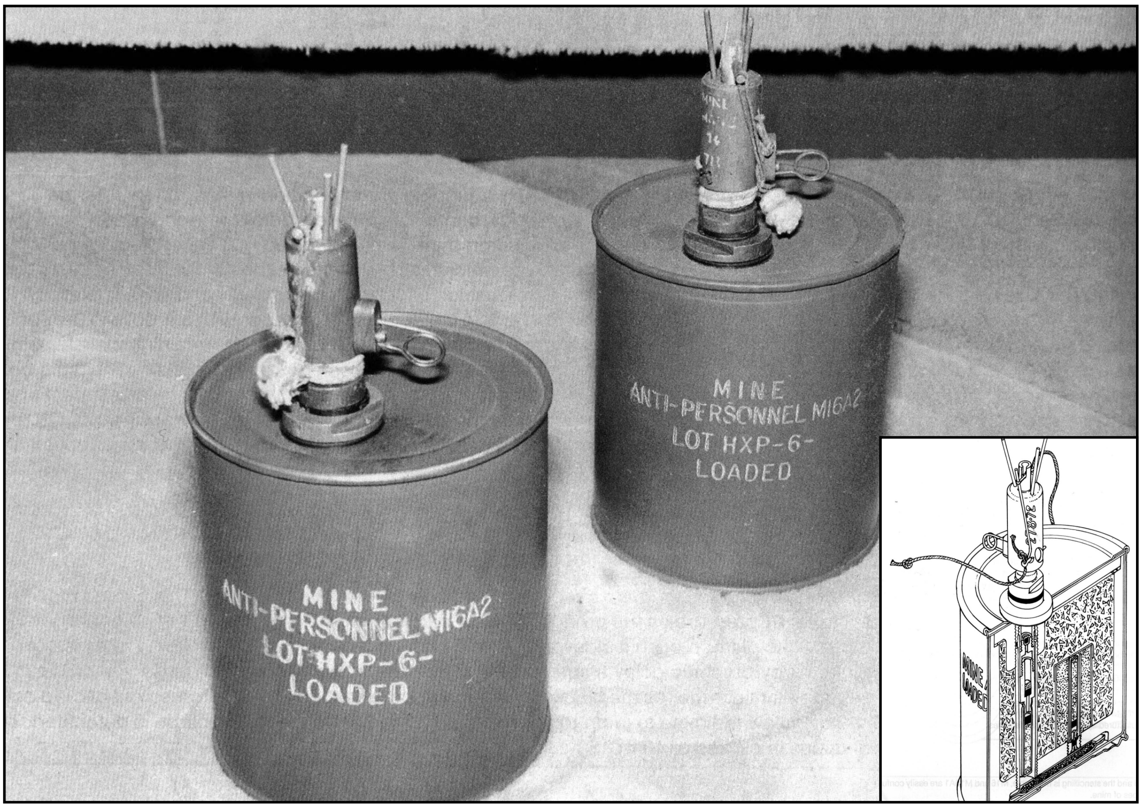
الاسم والصنع	50 _ TS. صنع ايطاليا .	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد الفرد .	الحشوة الاصلية ووزنها	RDX ٥٠ غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك . اللون باج غامق	الحشوة المساعدة	ليس لديه
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	١٨٦ غرام
الضغط اللازم لعمله	١٢,٥ كيلوغرام	درجة الحرارة التي يعمل بها	من – ٤٠الى + ٧٠ درجة
ماسورة فرعية	ليس لديه		
طريقة التسليح	يفتح غطاء الصاعق في الغم ثم يركب الصاعق مكان الغطاء ثم ينزع الضامن		
طريقة التعطيل	يوضع الضامن في مكانه ثم يتم فك الصاعق من محله ويوضع غطاء مكان الصاعق اذا ما أريد تخزينه		
تجارب وتنبيهات	١– في بعض المناطق تم العثور على لغمين من هذا النوع فوق بعضهم البعض ٢– قبل وضع الصاعق في يجب التأكد من ان ابرة اللغم لم يتم ضغطها من قبل (موجودة في مكانها الصحيح) منعاً لأنفجار اللغم في يد الزارع اثناء وضع الصاعق		



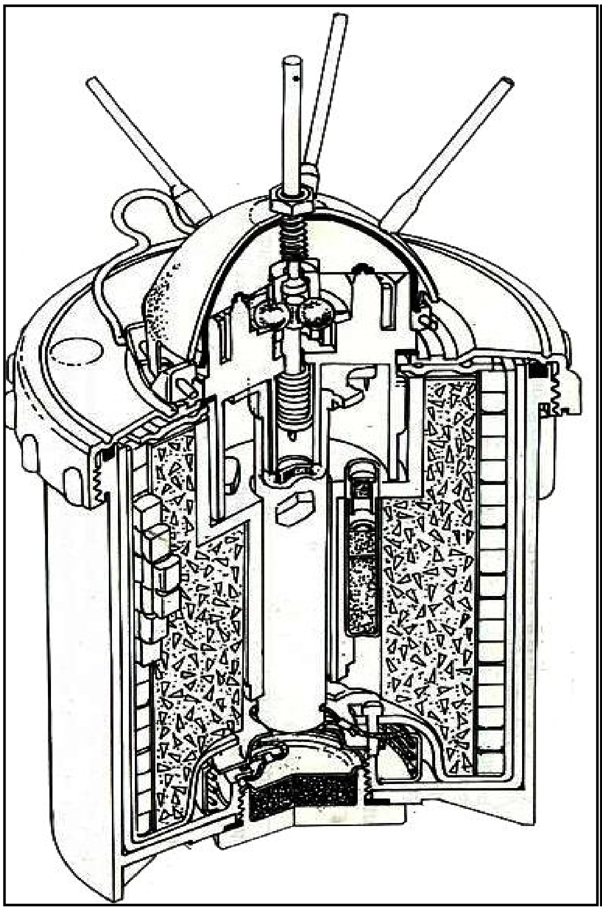
الاسم والصنع	50 _ VS صنع إيطاليا .	عدد الصواعق	١ انفجاري
المهمة	ضد الفرد .	الحشوة الأصلية ووزنها	RDX ٤٢ غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك . اللون زيتوني أو باج	الحشوة المساعدة	لا يوجد
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	١٨٥ غرام
الضغط اللازم لعمله	١٠ كيلوغرام	القطر	٩ سم
ماسورة فرعية	لا يوجد	الارتفاع	٤,٥ سم
طريقة التسليح	يتم وضع الصاعق في اللغم وبعدها يتم سحب الضامن البلاستيكي		
طريقة التعطيل	يتم تعطيل اللغم عبر نزع الصاعق		
تجارب وتنبيهات	.عُرف أنواع أخرى لهذا اللغم واسمهاVS 50 E03 ، وهي في الخدمة، وهي تضم شرك مضاد للتداول (الرفع) عالي الحساسية، وهو يشبه تماما اللغم VS 50.		



الاسم والصنع	PRB-M35	عدد الصواعق	١ انفجاري+ كبسولتين
المهمة	ضد الفرد	الحشوة الاصلية ووزنها	TNT+ نيترات الصوديوم ١٠٠غرام
الجنس ولون البدن	بلاستيك – أخضر زيتوني	الحشوة المساعدة	لا يوجد
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	١٥٨ غرام
الضغط اللازم لعمله	٥- ١٤ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	
ماسورة فرعية	لا يوجد		
طريقة التسليح	يتم إدخال جهاز العمل في اللغم وبعدها يجب سحب الضامن من جهاز العمل		
طريقة التعطيل	يجب وضع الضامن وبعدها يتم إخراج جهاز العمل من اللغم		
تجارب وتنبيهات			
طريقة التأمين	يتم وضع الضامن في جهاز العمل		

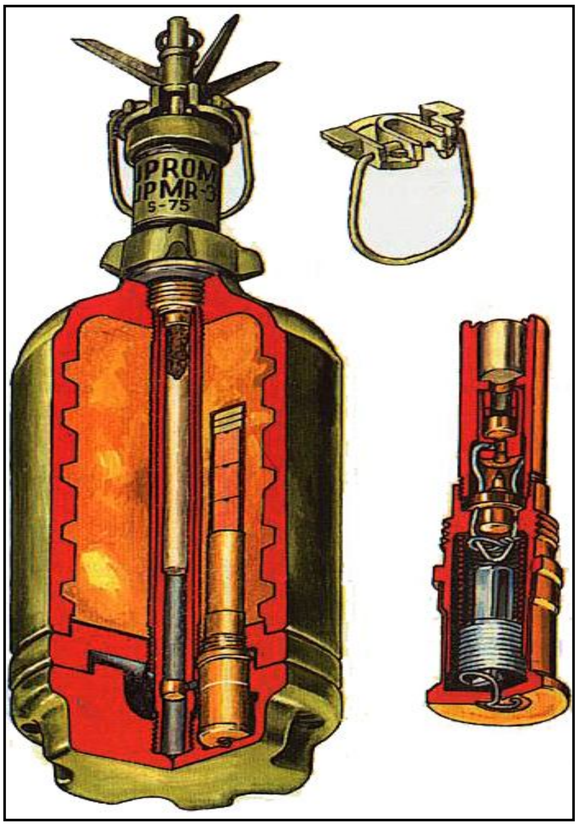


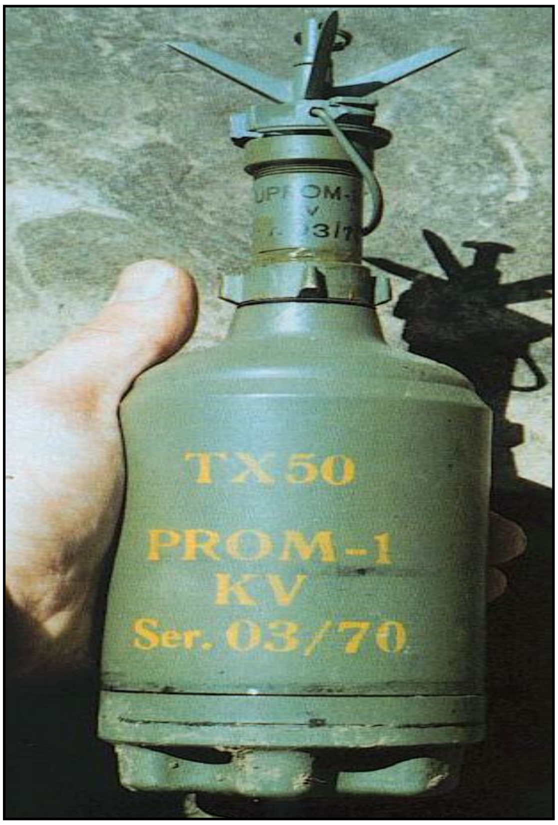
الاسم والصنع	M – 16 – A 2 صنع امريكا	عدد الصواعق	٢ (١ احتراقي و ١ انفجاري)
المهمة	ضد الافراد	الحشوة الاصلية ووزنها	TNT .٥٩٠غرام
جنس ولون البدن	معدني . اخضر زيتوني	الحشوة المساعدة	AS _ ١١ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط وشد	الوزن الكلي	٢,٦٣٠ غرام
الضغط اللازم لعمله	شد ١,٦كلغ الى٣,٨ كلغ ضغط ٣,٦ الى ٢٠ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	من – ٤٠ الى + ٥١,٥ درجة .
ماسورة فرعية			
طريقة التسليح	ولاً يتم تركيب جهاز العمل على اللغم ويوضع اللغم في محله ثم يمد سلك التعثر ن الوتد الى حلقة الشد في جهاز العمل ، واخيراً يتم نزع الضامن من اللغم .		
طريقة التأمين	بعد ان يتم العثور على اللغم يركب الضامن في مكانه ثم يقطع سلك التعثر		
طريقة التعطيل	يتم نزع جهاز العمل من مكان غطاء اللغم		
تجارب وتنبيهات			



الاسم والصنع	VALMARA __V-69 (إيطالي)	عدد الصواعق	٢ (١ تركيبي و١ احتراقي)
المهمة	ضد الأفراد (قفاز)	الحشوة الأصلية ووزنها	مركب B ٤٢٠ غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك . باج / أخضر	الحشوة المساعدة	R.D.X ١٣ غرام
نوع جهاز العمل	تركيبي (ضغط و شد)	الوزن الكلي	٣,٢ كلغ
الضغط اللازم لعمله	شد ٦ كلغ . ضغط ١٠ كلغ	القطر	١٣ سم
طريقة انفجاره	يقفز ٤٥سم مرتفعا	الارتفاع	٢٠,٥ سم

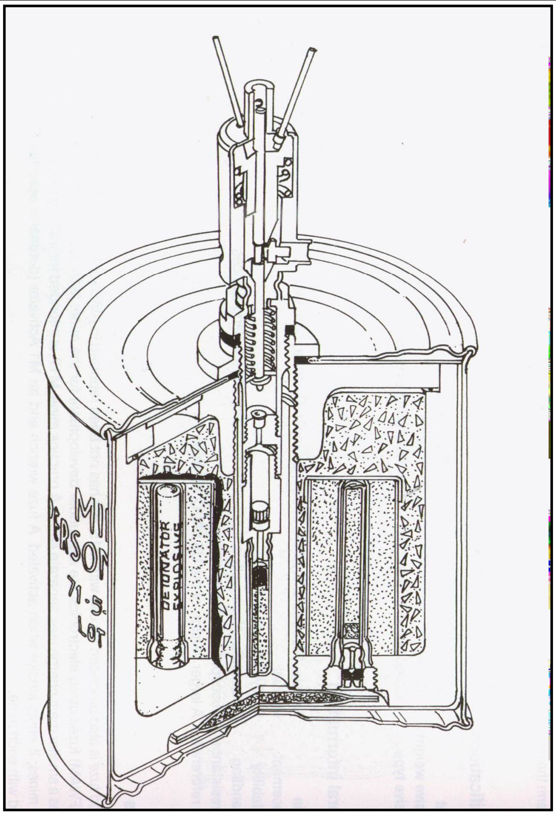
طريقة التسليح	أولاً يتم وضع الصواعق في مكانها ومن ثم يركب جهاز العمل في اللغم وبعدها يربط سلك التعثر في مسمار موجود في وسط جهاز العمل من الأعلى ثم يتم سحب الضامن
طريقة التعطيل	بعد وضع الضامن في مكانه يتم نزع جهاز العمل وبعدها يتم إخراج الصاعق
طريقة التأمين	أولاً يتم تأمين اللغم بوضع الضامن ثم يقطع سلك التعثر بكل احتياط

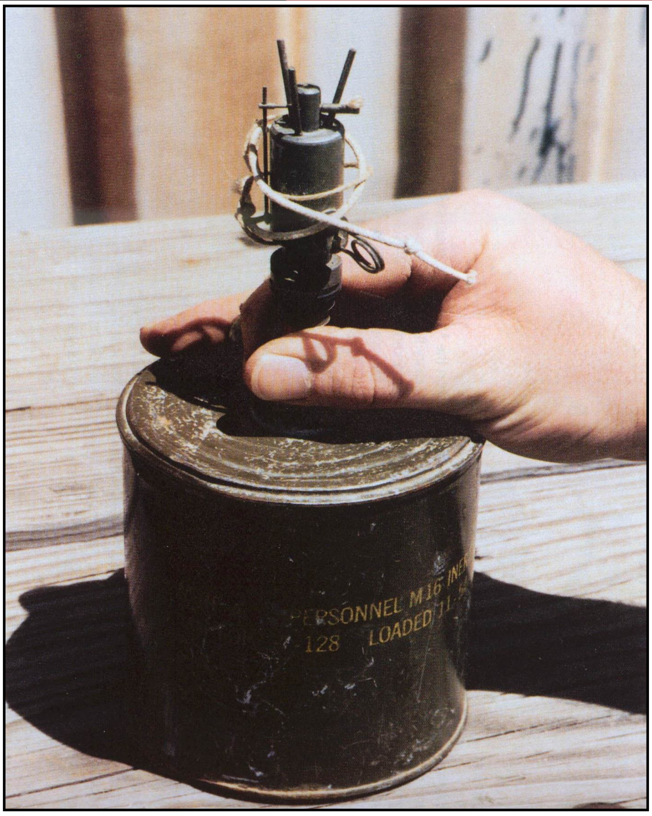




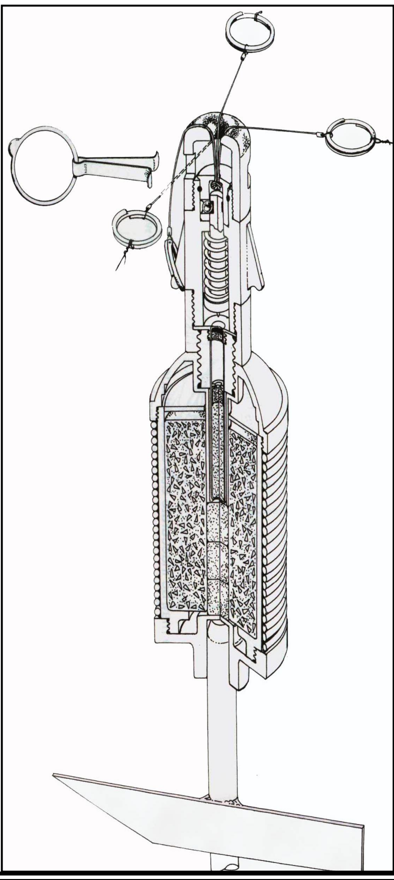
الاسم والصنع	Prom 1 يوغسلافيا	عدد الصواعق	٣ (٢ احتراقي ١ في جهاز العمل والثاني في اللغم – و ١ انفجاري في اللغم).
المهمة	ضد الأفراد (قفاز)	الحشوة الأصلية ووزنها	RDX/ TNT ٤٢٥غرام
الجنس ولون البدن	معدن . اخضر زيتوني	الحشوة المساعدة	تتريل
نوع جهاز العمل	ضغط و شد	الوزن الكلي	٣ كيلو
الضغط اللازم لعمله	ضغط ٩ كلغ/ شد ٣ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	

طريقة التسليح	يتم تركيب جهاز العمل على اللغم ثم يمد سلك التعثر من الوتد إلى المسمار الموجود في أعلى اللغم ثم يتم إخراج الضامن .
طريقة التأمين	يتم وضع الضامن وقطع سلك التعثر .
طريقة التعطيل	بعد أن يتم وضع الضمن في مكانه ثم يقطع سلك التعثر ثم يتم إخراج جهاز العمل من مكانه .

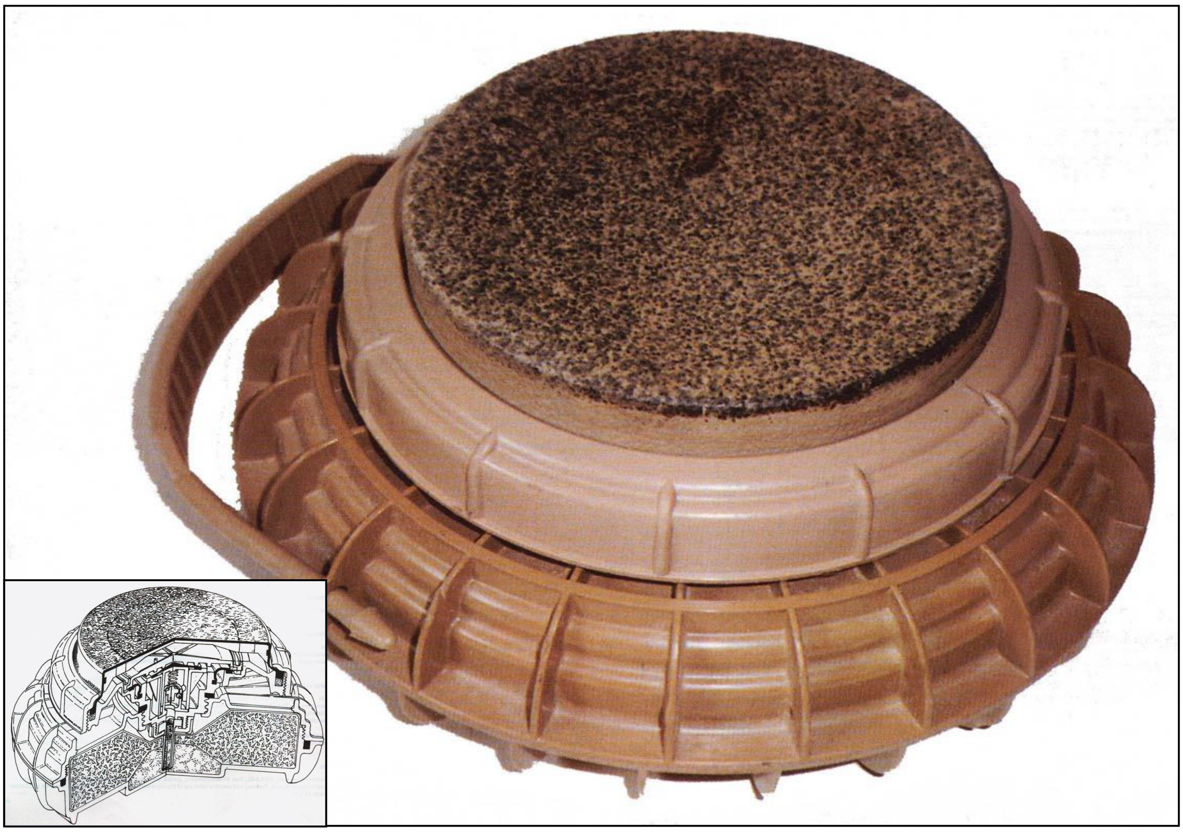




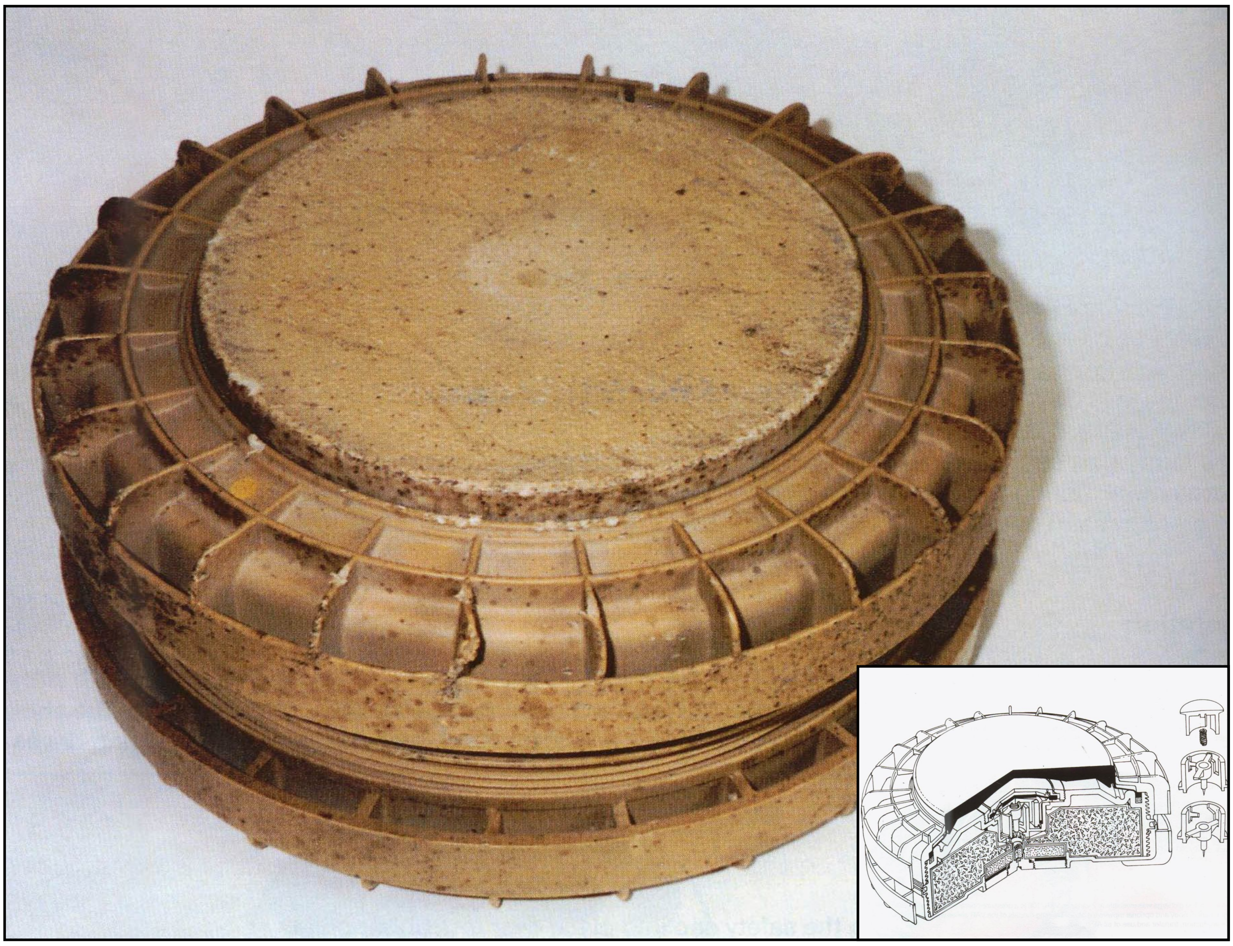
الاسم والصنع	M – 16 – A 1 صنع امريكا	عدد الصواعق	٢ (١ احتراقي و ١ انفجاري)
المهمة	ضد الافراد	الحشوة الاصلية ووزنها	TNT . ٥١٣غرام
الجنس ولون البدن	معدني . اخضر زيتوني	الحشوة المساعدة	تتريل _ ٣٣ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط وشد	الوزن الكلي	٣,٧٤٠ غرام
الضغط اللازم لعمله	شد ١,٦٠٠ الى٣,٨٠٠. ضغط ٣,٦٠٠ الى ٢٠ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	من ٤٠ الى + ٥١,٥ درجة .
ماسورة فرعية			
طريقة التسليح	ولاً يتم تركيب جهاز العمل على اللغم ويوضع اللغم في محله ثم يمد سلك التعثر من لوتد الى حلقة الشد ، واخيراً يتم نزع الضامن من اللغم .		
طريقة التأمين	بعد ان يتم العثور على اللغم يركب الضامن في مكانه ثم يقطع سلك التعثر		
طريقة التعطيل	يتم نزع جهاز العمل		
تجارب وتنبيهات			



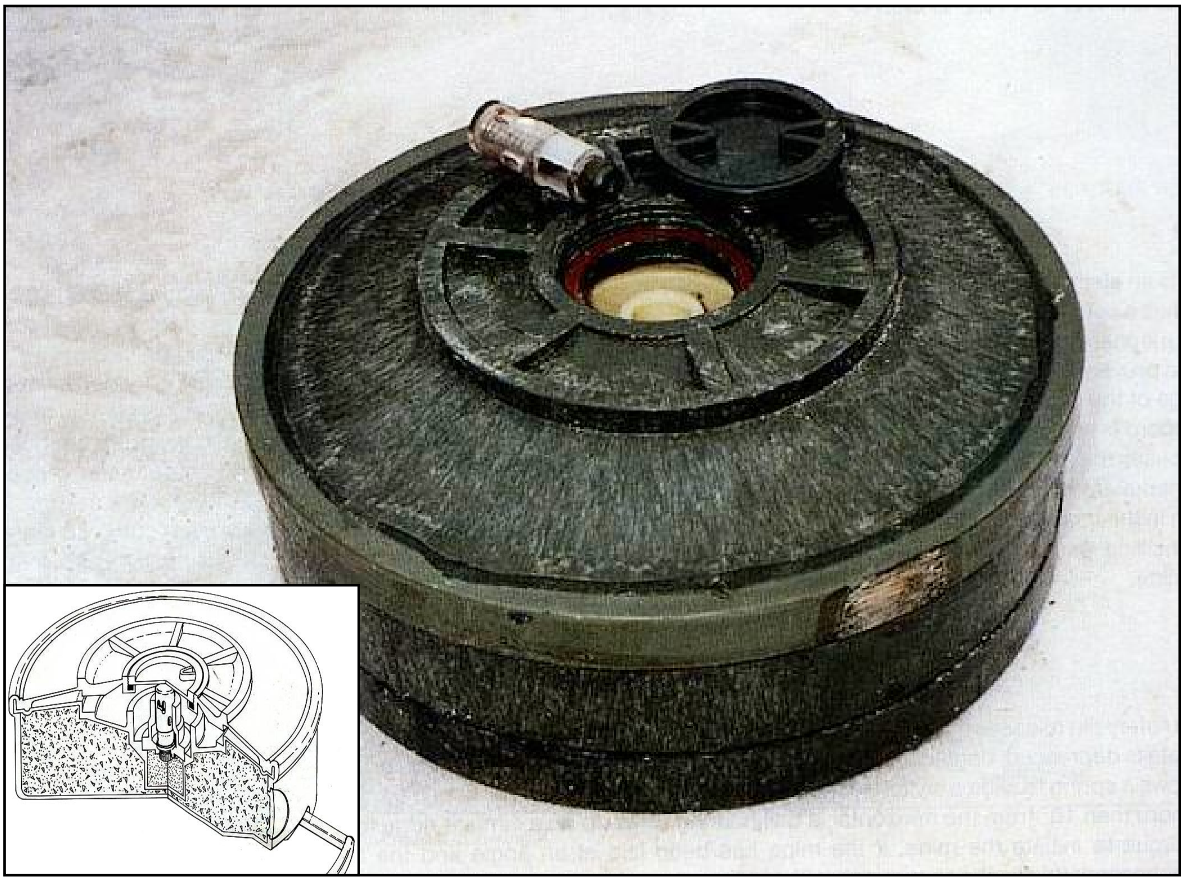
الاسم والصنع	413 __ .P.R.B بلجيكا	عدد الصواعق	واحد تركيبي (انفجاري واحتراقي)
المهمة	ضد الافراد	الحشوةالاصليةووزنها	مركب B . ٥٩ غرام
الجنس ولون البدن	بلاستيك مع نابض حديد - زيتوني	الحشوة المساعدة	تتريل _ ١٥ غرام
نوع جهاز العمل	شد من اربع جوانب	الوزن الكلي	٦٠٠غرام
الضغط اللازم لعمله	٣ كلغ شد	درجة الحرارة التي يعمل بها	من – ٣٢ درجة الى + ٥٢ درجة
طريقة التسليح	يثبت الوتد الصليبي في المكان المراد زرع اللغم فيه ثم يركب اللغم على هذا الوتد ويتم وصل الصاعق وجهاز العمل المتصلين ببعضهما على اللغم ثم يربط سلك التعثر المربوط بالوتد الآخر بحلقة من حلقات الشد وعند الانتهاء ينزع الضامن .		
طريقة التعطيل	ولاً يوضع الضامن ثم يتم قطع السلك باحتياط وبعدها يفصل جهاز العمل والصاعق من اللغم .		
تجارب وتنبيهات	١- الشعاع القاتل ١٤ متر والشعاع الامين ٣٠ متر . ٢- تم العثور على الغام مزروعة وضع الصاعق فيها بعكس اتجاهه الصحيح (أي مكان دخول الشعلة الى الصاعق) أي ان اتجاهها للخارج وليس للداخل .		



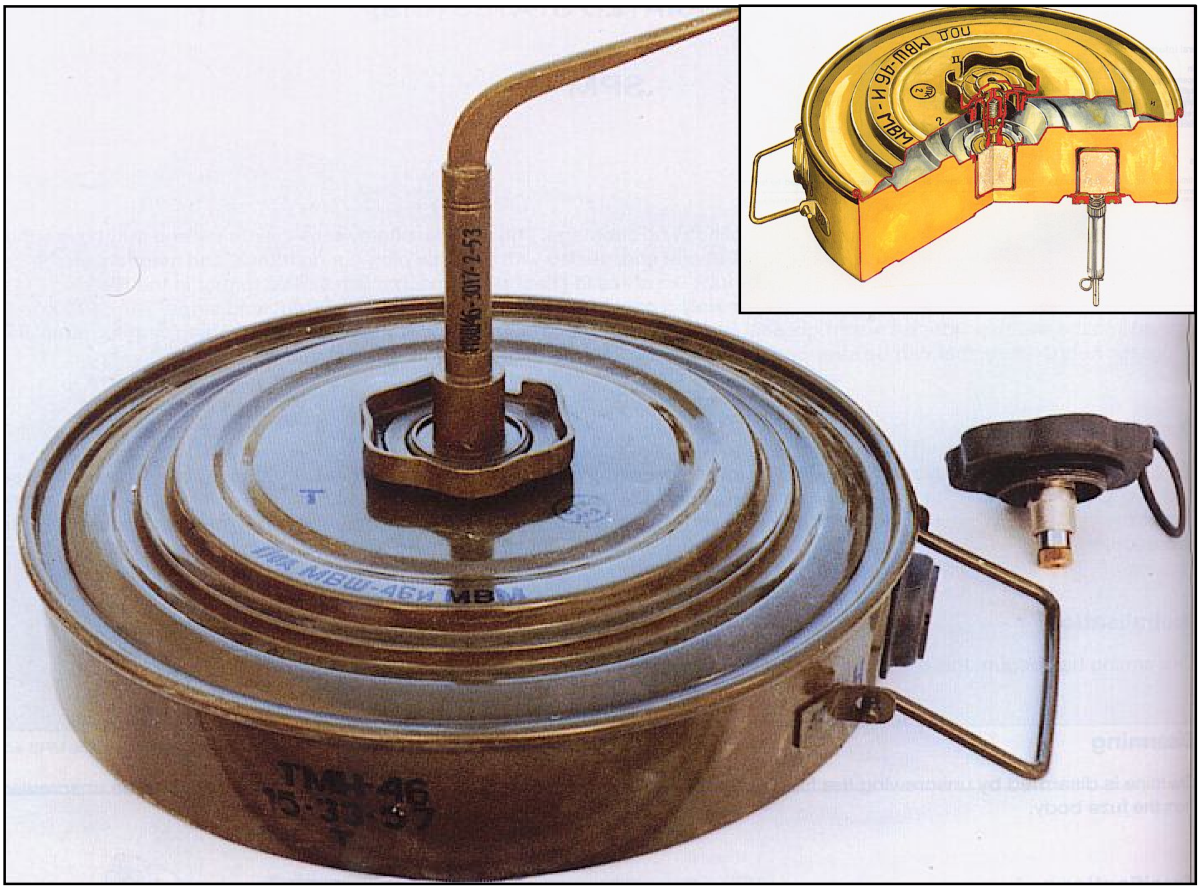
الاسم والصنع	2.2 VS _ إيطاليا	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد الآليات الخفيفة	الحشوة الأصلية ووزنها	مركب B _ ١,٨٥٠كلغ
جنس ولون البدن	بلاستيك _ باج	الحشوة المساعدة	R.D.X _ ٢٨٠ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٣,٦٠٠ كلغ
الضغط اللازم لعمله	١٨٠ إلى ٢٢٠ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	من – ٣١,٥ إلى + ٥٥ درجة
ماسورة فرعية	واحد تحت اللغم	قطره وارتفاعه	٢٤ سم – ١٢ سم
طريقة التسليح	ولاً يتم نزع غطاء صفحة الضغط ثم يتم تركيب الصاعق مكانه بواسطة قطعة وصل خاصة به ثم يتم تركيب غطاء اللغم ببدنه .		
طريقة التعطيل	بعد أن يتم العثور على اللغم ويتم التأكد بأنه غير مشرك ، يفك غطاء اللغم ويتم إخراج الصاعق من مكانه . .		
تجارب وتنبيهات			



الاسم والصنع	V S – 1.6 إيطاليا	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد الآليات الخفيفة	الحشوة الأصلية ووزنها	مركب B _ ١,٨٥٠ كلغ
جنس ولون البدن	بلاستيك _ باج	الحشوة المساعدة	R.D.X _ ١٧٣ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٣ كلغ
الضغط اللازم لعمله	١٨٠ إلى ٢٢٠ كلغ	القطر	٣٠,٥ سم
ماسورة فرعية		الارتفاع	١٠,٨ سم
طريقة التسليح	ولاً : يتم فك غطاء اللغم الموجود في اسفل اللغم ويركب مكانه الصاعق وحامله .		
طريقة التعطيل	يتم نزع الصاعق		
تجارب وتنبيهات			

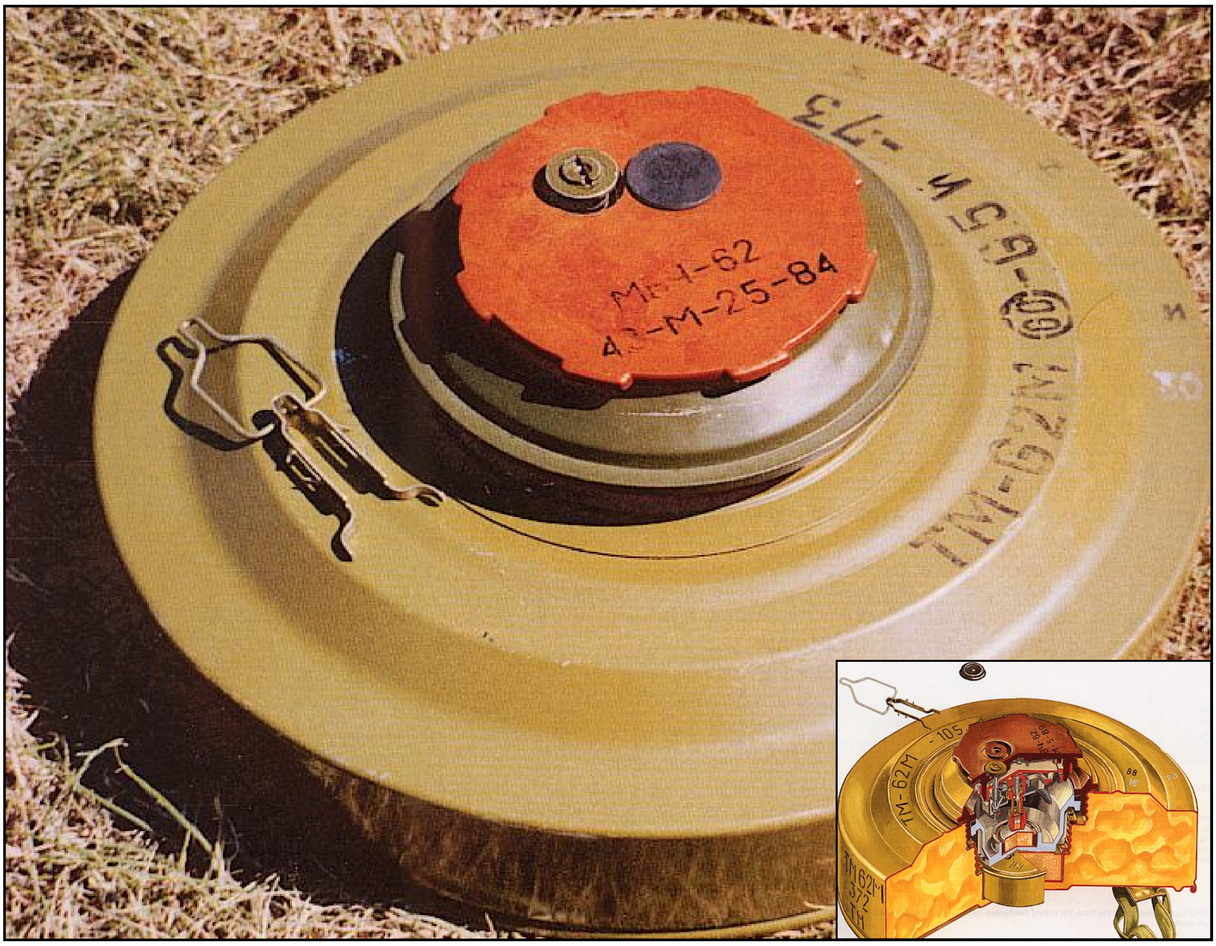


الاسم والصنع	TYPE-72 صناعة الصين	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد المدرعات	الحشوة الأصلية ووزنها	٥,٤TNT/ RDX (50/50) كلغ
جنس ولون البدن	بلاستيك – أخضر	الحشوة المساعدة	RDX 66 كلغ
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٦٠٥ كلغ
الضغط اللازم	٣٠٠		
طريقة التسليح	يتم فك غطاء اللغم ثم يتم وصل الصاعق بجهاز العمل ويوضع في اللغم ثم يركب غطاء اللغم		
طريقة التعطيل	أولاً يتم فك صفحة الضغط ثم يتم إخراج جهاز العمل من اللغم من اللغم ويفصل الصاعق عنه		
تجارب وتنبيهات			



الاسم والصنع	TMN– 46 روسيا	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد المدرعات	الحشوة الأصلية ووزنها	TNT. ٥,٩٢٠ كلغ
جنس ولون البدن	معدني اخضر	الحشوة المساعدة	تتريل . ٧٦,٥٤ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٨,٩٨٠ كلغ
الضغط اللازم لعمله	٩٠ إلى ١٦٠ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	
ماسورة فرعية	١ تحت اللغم		

طريقة التسليح	فك غطاء مكان جهاز العمل ثم يركب الصاعق بجهاز العمل وبعدها يركب جهاز العمل باللغم ثم يتم إخراج ضامن اللغم ، وأخيرا تتم عملية التمويه .
طريقة التعطيل	ولاً يتم وضع الضامن في مكانه ثم يتم فك جهاز العمل ويفصل الصاعق عن جهاز العمل . وأخيرا يتم إعادة تركيب غطاء مكان جهاز العمل من اجل تخزين اللغم .
تجارب وتنبيهات	شوهد في بعض المناطق لغمين فوق بعضهم البعض . يمنع زرع اللغم إذا كانت صفيحة اللغم مضغوطة إلى الأسفل ملاحظة : الفارق بين اللغم TM 46 واللغم TMN 46 هو أن هذا اللغم يحتوي على فتحة للتفخيخ



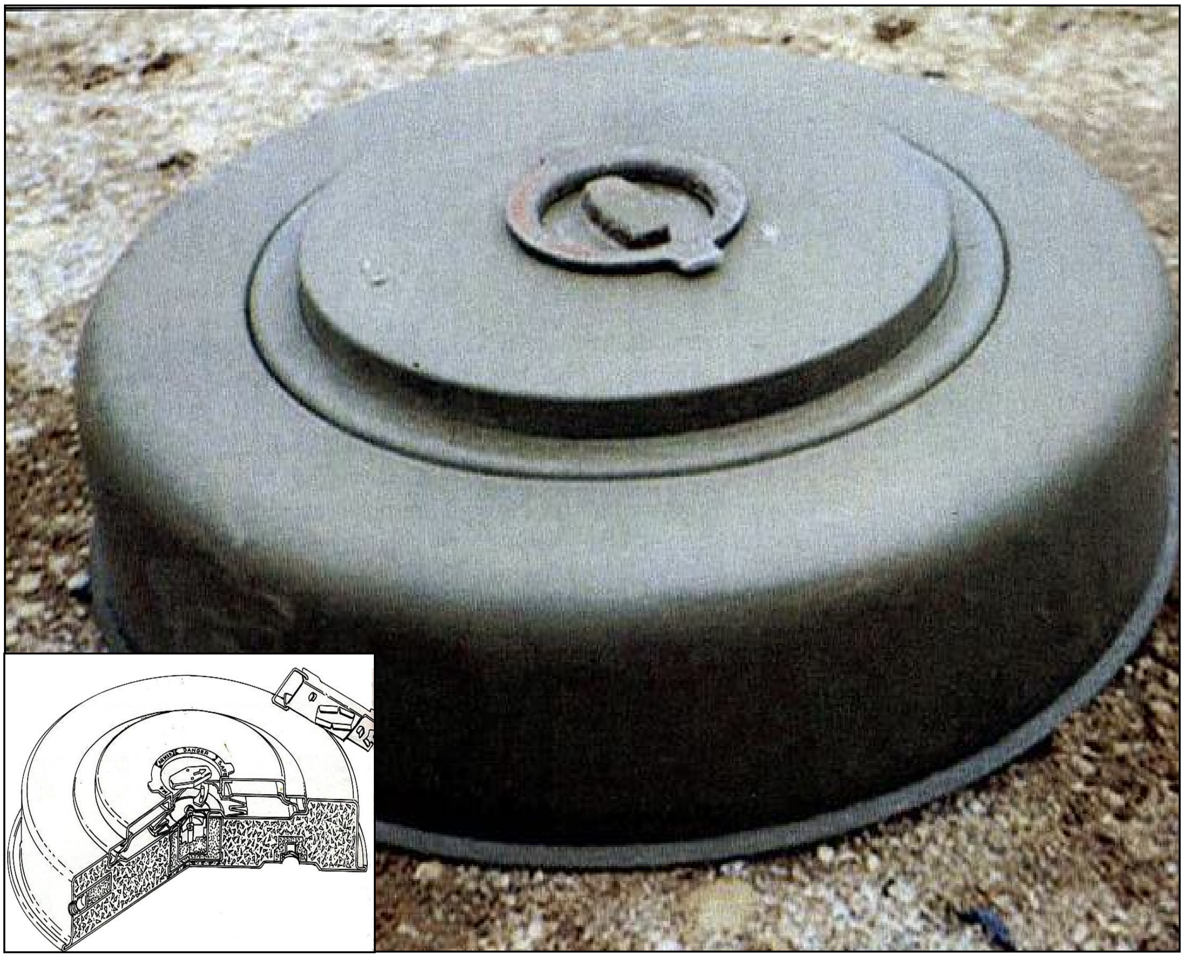
الاسم والصنع	TM– 62 روسيا	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد المدرعات	الحشوة الاصلية ووزنها	TROPX. ٧,٦٩٨ كلغ
جنس ولون البدن	معدني اخضر زيتوني	الحشوة المساعدة	R.D.X . ١٨٠ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط مؤقت بجهاز تأخير من ٣٠ حتى ١٢٠ ثانية	الوزن الكلي	٨,٩٨٠ كلغ
الضغط اللازم لعمله	٢٠٠ كلغ	**القطر**	٣٢ سم
ماسورة فرعية		الارتفاع	١٠,٢ سم

طريقة التسليح	يتم تركيب جهاز العمل في اللغم ثم يسحب الضامن العنقي من جهاز العمل وبعد ذلك يتم كبس زر التسليح الى الاسفل حتى تتحول الابرة والصاعق من الحالة الافقية الى الحالة العامودية على القرص المساعد .
طريقة التعطيل	يتم نزع جهاز العمل ويعاد تأمينه بواسطة مفتاح خاص .
تجارب وتنبيهات	المشاعل التي يتم تركيبها مغناطيسية أوضد الضغط أوضد الاهتزاز أوضد الميل.

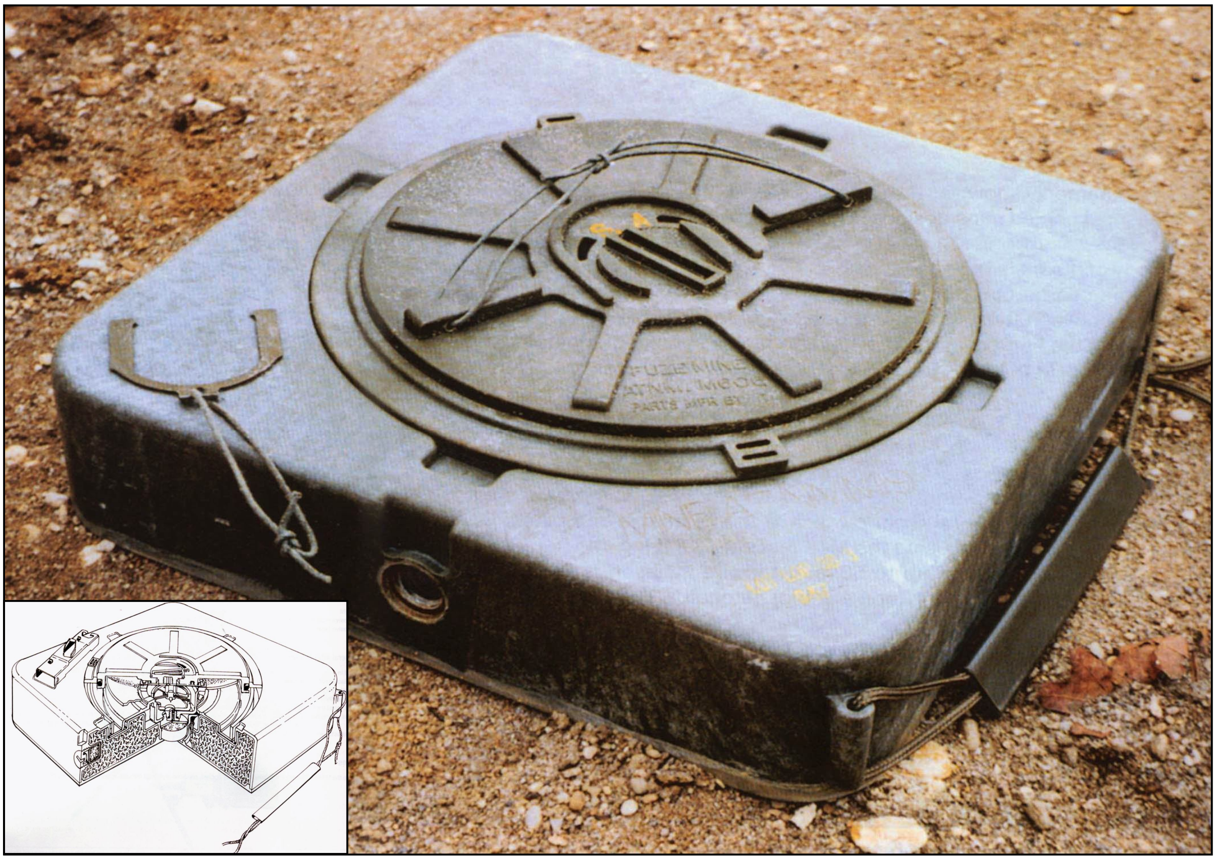
اللغم PT - MI - BA 3 المضاد للدبابات

الاسم والصنع	**PT – MI – BA3** تشيكوسلوفاكيا	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد المدرعات	الحشوة كلها	٩,٩ كجم
جنس ولون البدن	باكالايت بلاستيكي	الحشوة المساعدة	
نوع جهاز العمل		الوزن الكلي	٨,٩٨٠ كلغ
الضغط اللازم لعمله	٢٠٠ كلغ	**القطر**	٣٢ سم
ماسورة فرعية		الارتفاع	١٠,٧ سم

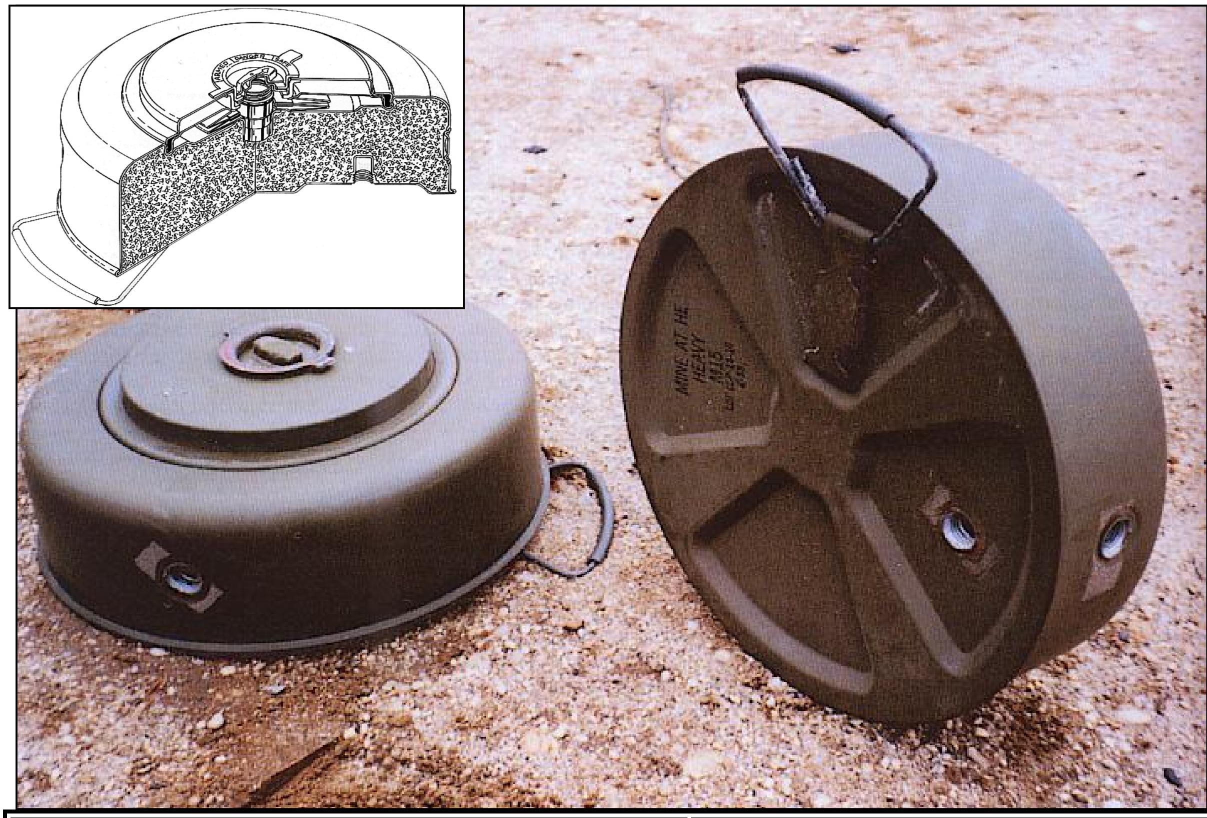
طريقة التسليح	عندما تصل قوة الضغط إلى ٢٠٠ كجم، فإن الياي (النابض) يحرر الطارق في اتجاه المفجر، مسبباً اشتعال اللغم.
طريقة التعطيل	يمكن وضع مشعل به ضد التداول(RO – 4) ، لذا يجب نسفه في مكانه."**يعني لا يمكن فتحه لأنه قد ينفجر**"
تجارب وتنبيهات	الاكتشاف: صعب لوجود نسبة قليلة جداً من المعادن.



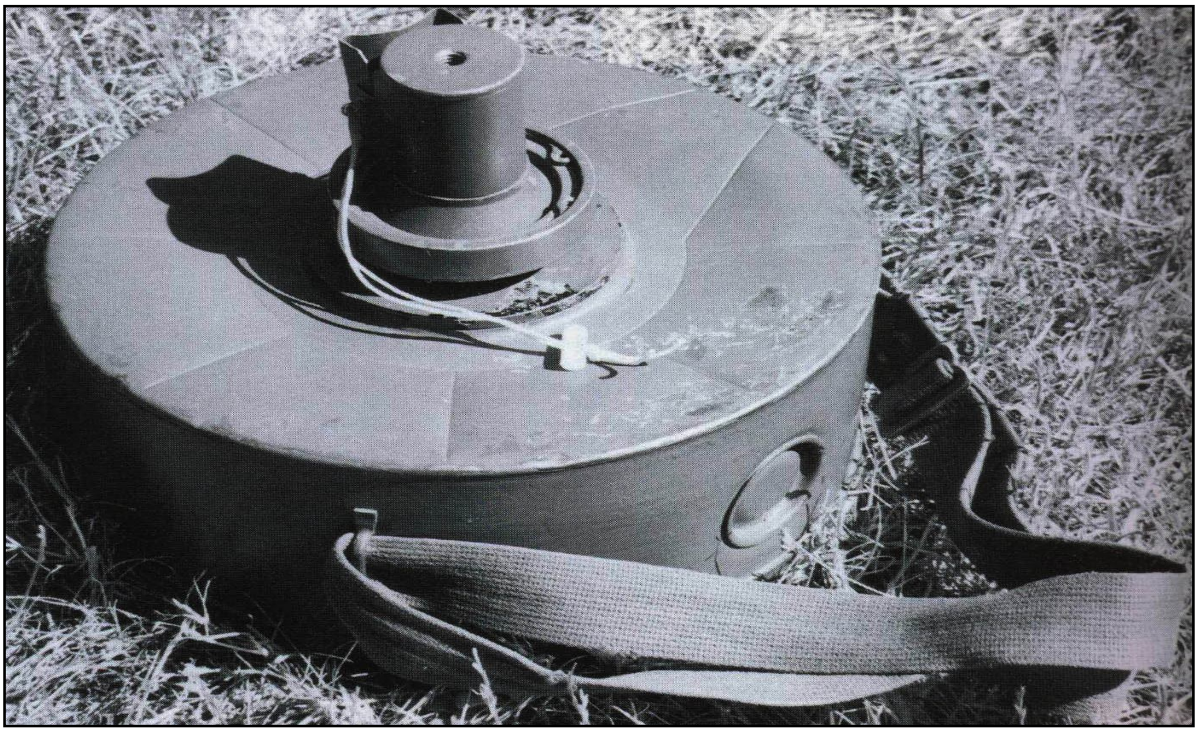
الاسم والصنع	M6 _ A2 امريكا	عدد الصواعق	١ انفجاري
المهمة	ضد المدرعات	الحشوة الاصلية ووزنها	مركب (B) . ٥,٤٣٦ كلغ .
الجنس ولون البدن	معدني اخضر زيتوني	الحشوة المساعدة	R.D.X . ١١ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٩,٠٦٠ كلغ
الضغط اللازم لعمله	من ١٥٩ الى ٣٤٠ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	من – ٤٠ الى + ٥١,٥ درجة .
ماسورة فرعية	٢ (١ في الاسفل و ١ في الجانب) .		
طريقة التسليح	اولاً : يتم فك غطاء اللغم وسحب ضامن جهاز العمل ثم يوضع جهاز العمل والراسور الحامظ له داخل اللغم وبعدها يغلق الغطاء فوقهم ويتم تحريك الغطاء من حالة الضامن S الى حالة النار F .		
طريقة التعطيل	يتم فك غطاء الصفيحة وإخراج جهاز العمل		
تجارب وتنبيهات			



الاسم والصنع	M 19 امريكا	عدد الصواعق	١ انفجاري
المهمة	ضد المدرعات	الحشوة الاصلية ووزنها	مركب (B) . ١٠,٣٣٠ كلغ .
جنس ولون البدن	بلاستيك ابيض و اخضر	الحشوة المساعدة	R.D.X . ٥٢ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	١٤,٢٧٠ كلغ
الضغط اللازم لعمله	من ١٣٦ الى ٢٢٧ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	من – ٤٠ الى + ٥١,٥ درجة .
ماسورة فرعية	**٢ (١ في الاسفل و ١ في الجانب) .**		
طريقة التسليح	ولاً : يتم فك صفحة الضغط (جخاز العمل) ثم يفك الغطاء محل الصاعق ويوضع الصاعق في مكانه وبعدها يركب جهاز العمل على اللغم ويسحب منه الضامن العنقي (من جهاز العمل) واخيراً يتم تحريك ضامن صفحة الضغط من حالة الامان الى حالة النار ، ويموه اللغم .		
طريقة التعطيل	ولاً : يتم ارجاع ضامن صفحة الضغط الى حالة الامان ثم يوضع الضامن العنقي في مكانه وبعدها يفك جهاز العمل (صفحة الضغط) من اللغم واخيراً يفصل الصاعق عن جهاز العمل ويوضع غطاء الصاعق في مكانه .		
تجارب وتنبيهات			

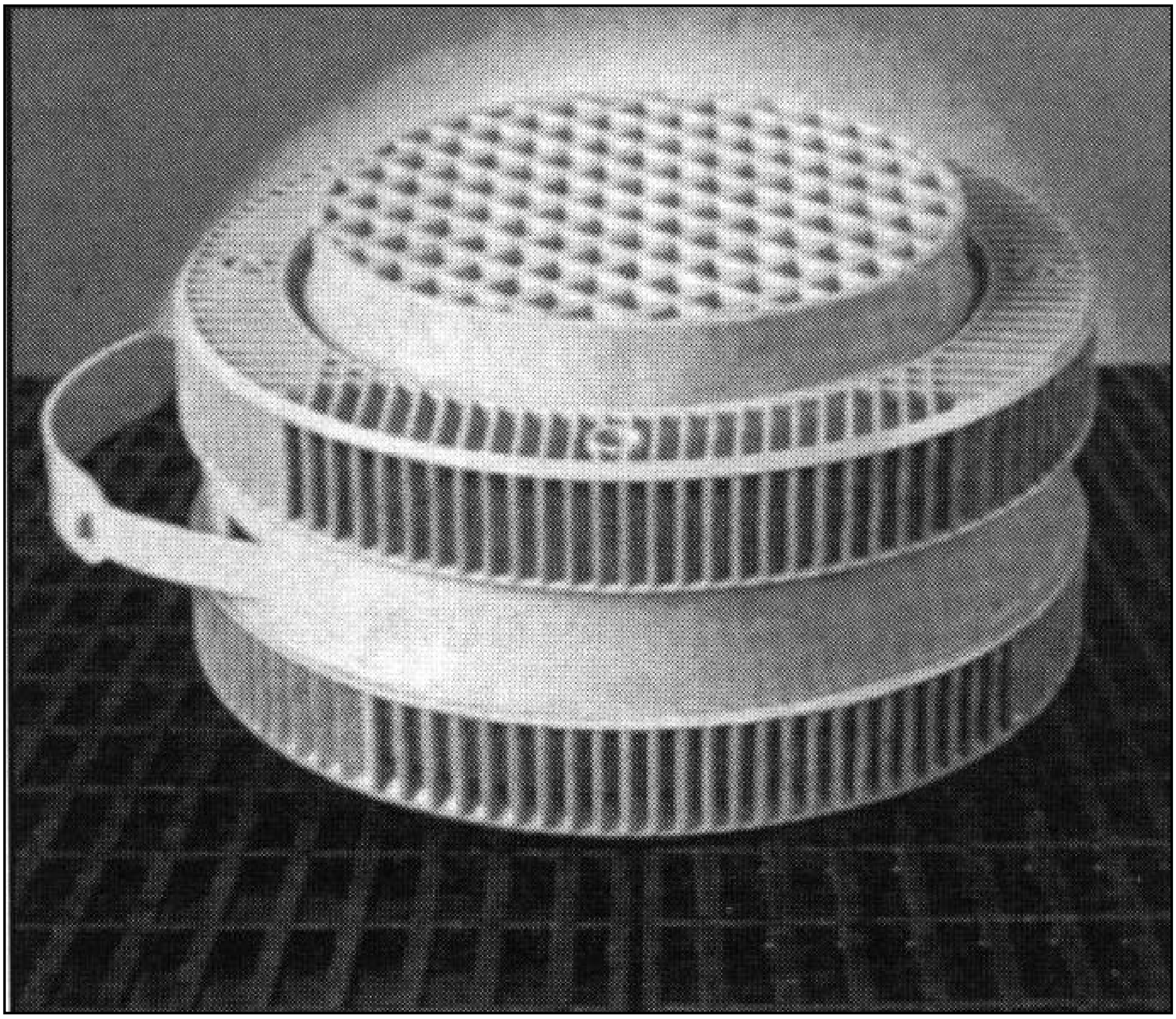


الاسم والصنع	M 15 أمريكا	عدد الصواعق	١ انفجاري
المهمة	ضد المدرعات	الحشوة الأصلية ووزنها	مركب (B) . ١٠,٣٣٠ كلغ .
الجنس ولون البدن	معدني اخضر	الحشوة المساعدة	R.D.X . ١١ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	١٤,٢٧٠ كلغ
الضغط اللازم لعمله	من ١٥٩ إلى ٣٤٠ كلغ	**درجة الحرارة التي يعمل بها**	من – ٤٠ إلى + ٥١,٥ درجة .
ماسورة فرعية	٢ (١ في الأسفل و ١ في الجانب) .		
طريقة التسليح	ولاً : يتم فك غطاء اللغم وسحب ضامن جهاز العمل ثم يوضع جهاز العمل و الضامن الحاضن داخل اللغم وبعدها يغلق الغطاء فوقهم ويتم تحريك الغطاء من حالة الضامن SAFE إلى حالة النار FIRE .		
طريقة التأمين	يتم تحويل غطاء اللغم من حالة FIRE إلى حالة SAFE .		
طريقة التعطيل	يتم فك غطاء اللغم ثم يتم سحب النابض وجهاز العمل M603		
تجارب وتنبيهات			



الاسم والصنع	M–21 أمريكا	عدد الصواعق	٢ (١ احتراقي ١ انفجاري) .
المهمة	ضد المدرعات	الحشوة الأصلية ووزنها	مركب H–6
الجنس ولون البدن	معدني اخضر	الحشوة المساعدة	R.D.X
نوع جهاز العمل	ضغط و شد	الوزن الكلي	7.8 كلغ
الضغط اللازم لعمله	ضغط ١٢٣ كيلو وشد ١,٧ كلغ ٢٠درجة ميلان	درجة الحرارة التي يعمل بها	
ماسورة فرعية			

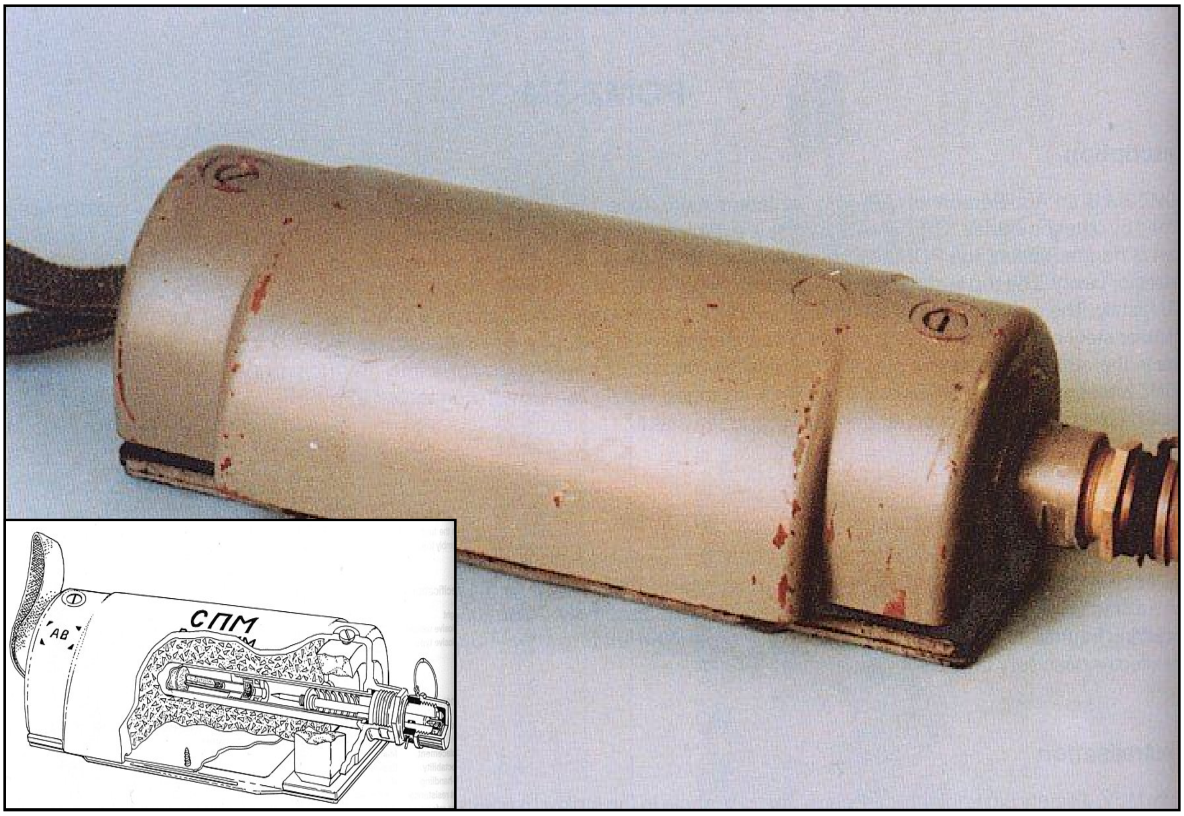
طريقة التسليح	يتم تركيب جهاز العمل وقضيب الميلان على اللغم ويتم سحب البرغي الذي يحفظ الضامن ثم يسحب الضامن العنقي من الماسورة (مكان الصاعق الاحتراقي داخل جهاز العمل والصاعق الانفجاري داخل اللغم) .
طريقة التعطيل	ولاً : يتم وصل الضامن العنقي بجهاز العمل بواسطة البرغي الحافظ ثم يتم فصل جهاز العمل من اللغم .
تجارب وتنبيهات	



الاسم والصنع	T.C 1.2 ايطاليا	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد الآليات الخفيفة	الحشوة الاصلية ووزنها	مركب B _ ٢,٠٣٥ كلغ
الجنس ولون البدن	بلاستيك	الحشوة المساعدة	R.D.X _ ٣١٢ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٣,٢٥٠ كلغ
الضغط اللازم لعمله			
طريقة التسليح	من اجل تسليح اللغم يتم فك الغطاء محل الصاعق ثم يركب حامل الصاعق في مكانه .		
طريقة التعطيل	بعد أن يتم التأكد بأنه غير مشرك يتم نزع الصاعق منه		

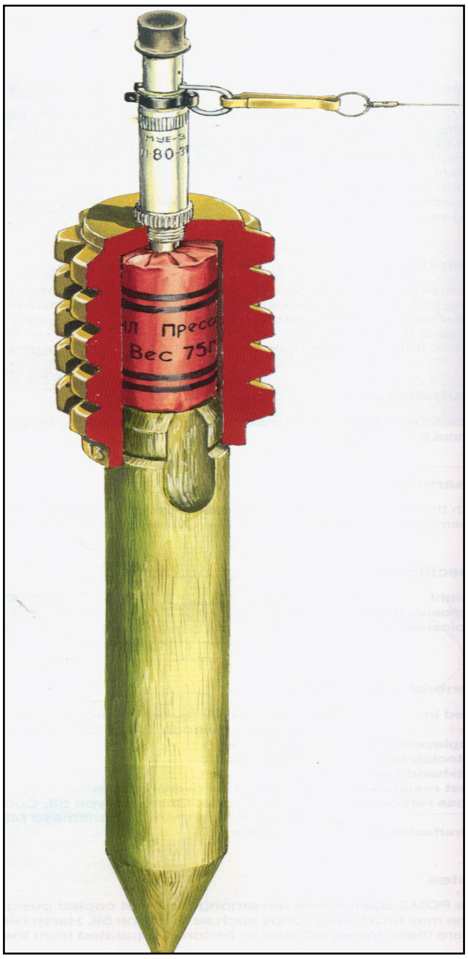
الاسم والصنع	M – 7 – A 2 _ أمريكا	عدد الصواعق	واحد انفجاري
المهمة	ضد الآليات الخفيفة	الحشوة الأصلية ووزنها	TETRITOL_ ١,٦٠٠كلغ
جنس ولون البدن	معدني اخضر	الحشوة المساعدة	R.D.X _ ١١ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٢,٢٠٠ كلغ
الضغط اللازم لعمله	٣٦ إلى ١٠٩ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	من ٣١,٥ إلى + ٥٥ درجة
ماسورة فرعية	واحد مكانه في الجانب		

طريقة التسليح	من اجل تسليح هذا اللغم يتم اولاً سحب صفحة الضغط إلى الخلف ويسحب ضامن جهاز العمل ويوضع جهاز العمل في مكانه ثم يتم إرجاع صفحة الضغط إلى مكانها .
طريقة التعطيل	بعد أن يتم العثور على اللغم ويتم التأكد بأنه غير مشرك يرفع اللغم باحتياط وهدوء من الأرض ثم تفك صفحة الضغط وتوضع جانباً ثم يتم وضع ضامن جهاز العمل في مكانه ويفك جهاز العمل .



الاسم والصنع	SPM صنع فرنسا	عدد الصواعق	١- انفجاري
المهمة	لغم توقيتي (مغناطيسي)	الحشوة الاصلية ووزنها	/ TNT/RDX /ألمنيوم ٩٥٠غرام
جنس ولون البدن	ألمنيوم/ لدائن - رمادي	الحشوة المساعدة	
نوع جهاز العمل	توقيتية	الوزن الكلي	٢,٥ غرام
الضغط اللازم لعمله		**درجة الحرارة التي يعمل بها**	
ماسورة فرعية			
طريقة التسليح	يتم وضع الماسورة موجود فيها الصاعق في اللغم وبعدها يتم تسليح الماسورة بواسطة سحب الضامن		
طريقة التأمين	لا يمكن إعادة الضامن إلى مكانه بعد سحبه		
طريقة التعطيل	يجب نزع الماسورة من اللغم .		
تجارب وتنبيهات			

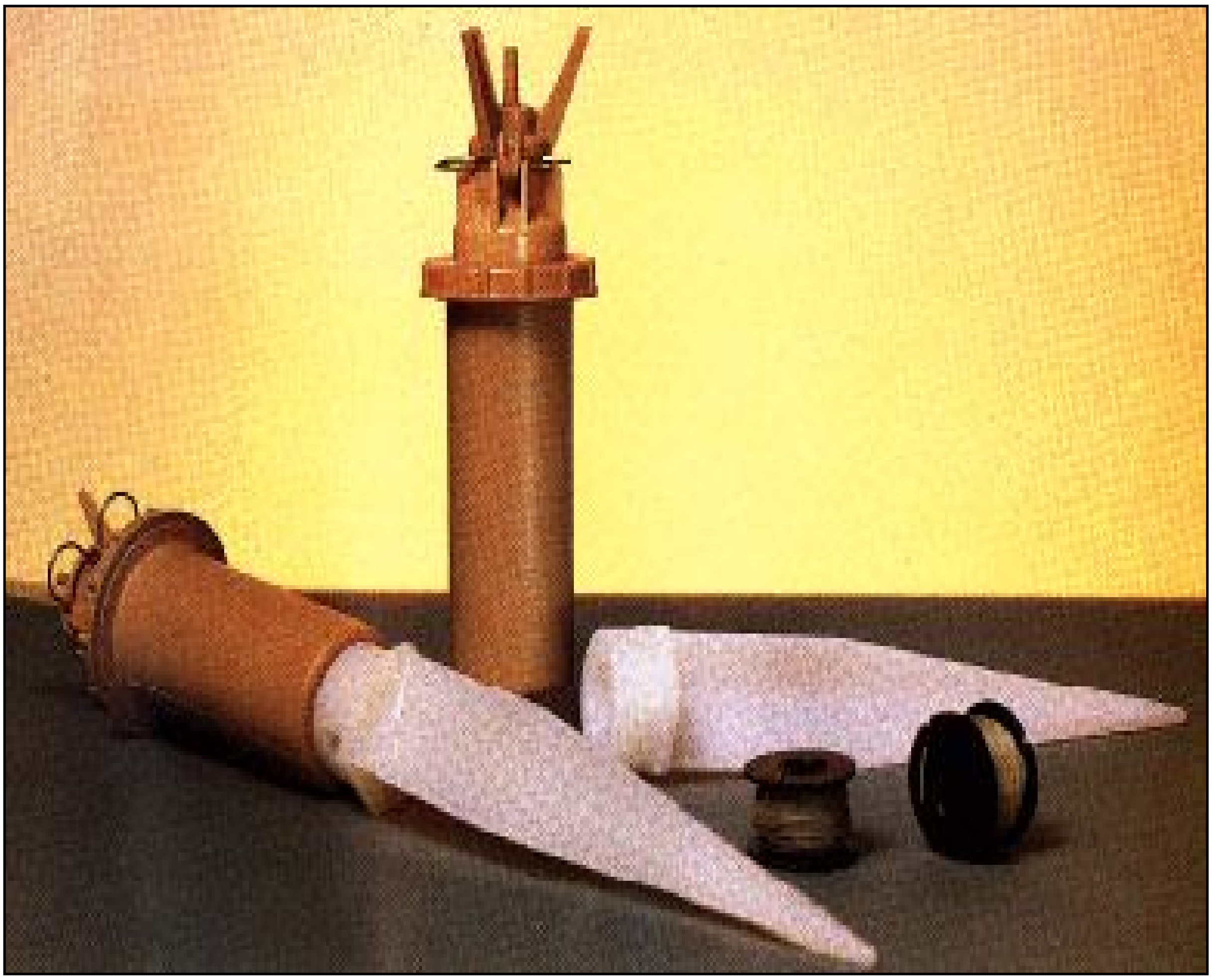
الاسم والصنع	M3 _ P.R.B . بلجيكا	عدد الصواعق	١- انفجاري
المهمة	ضد المدرعات	الحشوة الاصلية ووزنها	٦ كلغ TNT/EDX/ ألمنيوم (١٥/١٥/٧٠)
جنس ولون البدن	بلاستيك اخضر / باج	الحشوة المساعدة	R.D.X _ ٢٥٠ غرام
نوع جهاز العمل	ضغط	الوزن الكلي	٦,٨ كلغ
الضغط اللازم لعمله	٢٥٠ كلغ	**درجة الحرارة التي يعمل بها**	
ماسورة فرعية	لا يوجد		
طريقة التسليح	يوضع جهاز العمل في اللغم ثم تركب صفحة الضغط في مكانها		
طريقة التعطيل	أولاً تنزع صفحة الضغط ثم ينزع جهاز العمل		
تجارب وتنبيهات			



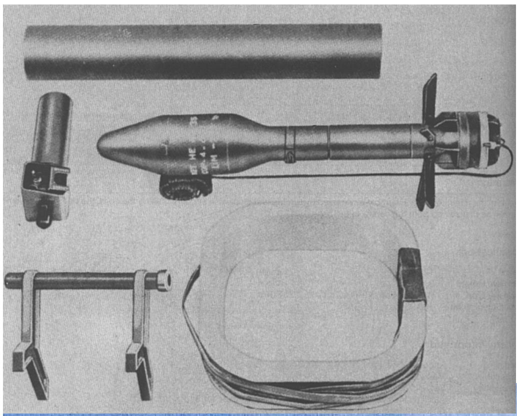
الاسم والصنع	POMZ __ 2 روسيا	عدد الصواعق	واحد تركيبي (انفجاري واحتراقي)
المهمة	ضد الافراد (مشظي)	الحشوة الاصلية ووزنها	TNT . ٧٥ غرام
جنس ولون البدن	معدني . زيتوني	الحشوة المساعدة	
نوع جهاز العمل	شد	الوزن الكلي	١,٧٠٠غرام
الضغط اللازم لعمله	١ كلغ	درجة الحرارة التي يعمل بها	

طريقة التسليح	يتم تثبيت الوتد في الارض ثم توضع الحشوة الاصلية داخل بدن اللغم من الاتجاه الذي يكون فيه مدخل الصاعق الى الاعلى ثم تركب على الوتد وبعدها يركب جهاز العمل والصاعق المتصلين بعضهما من قبل على بدن اللغم ومن ثم يربط سلك التعثر (المربوط بالوتد الاول) بالضامن الاصلي واخيراً ينزع ضامن التأخير
طريقة التعطيل	ولاً يقطع سلك التعثر بكل هدوء ومن ثم يفك جهاز العمل من بدن اللغم وينزع نه الصاعق واخيراً يتم فصل بدن اللغم والمواد والوتد عن بعضهم البعض .

الاسم والصنع	M – 18 – A1 صنع أمريكا	عدد الصواعق	١ انفجاري و ١ كهربائي
المهمة	ضد الأفراد	الحشوة الأصلية ووزنها	C4 . ٦٥٢ غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك . أبيض	الحشوة المساعدة	لا يوجد
نوع جهاز العمل	كهربائي	الوزن الكلي	١,٢٥٠ غرام
الضغط اللازم لعمله	كهرباء بقوة ١,٥ فولت	درجة الحرارة التي يعمل بها	من – ٤٠ إلى + ٥١,٥ درجة
طريقة التسليح	ولاً يتم فك البرغي حافظ الصاعق ويوضع الصاعق في مكانه وبعدها يركب البرغي ويتم وصل سلك الصاعق إلى الميناياتور بواسطة فيش .		
طريقة التعطيل	قبل الاقتراب من هذا اللغم وفك الصاعق يجب قطع سلك الصاعق الموصول بالميناياتور .		
تجارب وتنبيهات	يجب أن يتم التأكد قبل تسليح اللغم من سلامة الصاعق والميناياتور بواسطة الفحص		

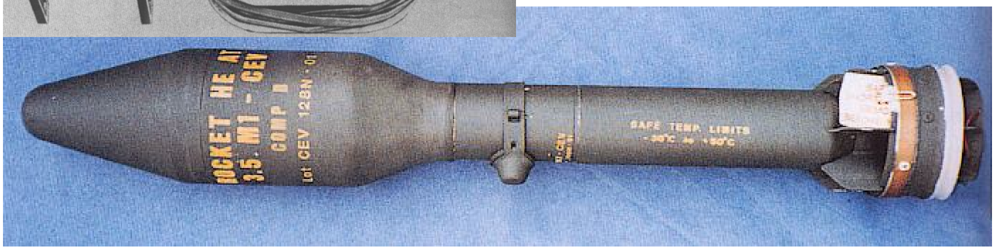


الاسم والصنع	V.S.T إيطاليا	عدد الصواعق	واحد احتراقي
المهمة	مضيء	الحشوة الأصلية ووزنها	فسفور ٣٥٠ غرام
جنس ولون البدن	بلاستيك باج اخضر	الحشوة المساعدة	بارود _ ١٣ غرام
نوع جهاز العمل	تركيبي (ضغط و شد)	الوزن الكلي	٥٠٠غرام
الضغط اللازم لعمله	من ٣ كلغ شد و ٤ إلى ١٠ ضغط	درجة الحرارة التي يعمل بها	
طريقة التسليح	يتم تثبيت الوتد في الأرض ثم يركب بدن اللغم على الوتد ثم يوضع الصاعق الاحتراقي في اللغم ويثبت داخل جهاز العمل ويثبت جهاز العمل بدوره في اللغم ويربط سلك التعثر ، ويتم سحب الضامن .		
طريقة التأمين	يتم وضع الضامن وقطع سلك التعثر		
طريقة التعطيل	بعد أن يتم وضع الضامن وقطع سلك التعثر ينزع اللغم عن الوتد ثم يتم فك جهاز العمل ويتم إخراج الصاعق منه .		
تجارب وتنبيهات			



العبوات الصاروخية :

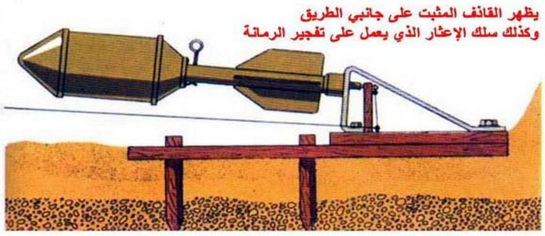
وهي عبارة عن صواريخ صغيرة تحمل رأس مضاد للدروع ذو عبوة مخروطية . ينطلق بدون ارتداد، وبواسطة اشعال كهربائي او اشعال ميكانيكي. يستفاد بهذه الطريقة من العبوة بشكل كامل، حيث انها تعمل عند اصطدامها بالجسم المدرع بدون خسارة أي شيء من قوتها . وهي بعكس العبوات الجانبية الموجهة والتي تخسر جزء كبير من قوتها اثناء وصول النفث الى الهدف .



وتختلف في مواصفاتها الفنية: نوع المادة، التي يتكون منها الغلاف الخارجي للغم، وكمية المادة المتفجرة، ونوعية جهاز التفجير. وتراوح كمية المادة المتفجرة داخل اللغم من كيلوجرامين إلى ٩ كجم، ويستلزم ضغط لا يقل عن ١٠٠ . ٣٠٠ كجم لتفجيره.

يستخدم لتفجيرها، مفجرات "فيوزات" تتنوع في طريقة عملها، فمنها ما هو طرقي يعمل بتأثير الضغط ومنها ما يعمل بسلك إعثار.

اللغم الفرنسى MIACAHF



اللغم السوفيتي LMG

وقد ظهر، في الفترة الأخيرة، أنواع متطورة منها. فهناك ألغام تزرع على جوانب الطرق وعند تفجيرها، ينطلق منها مقذوفات في اتجاه أجناب الدبابات والمركبات المدرعة. وهناك الألغام ذات الحشوة الجوفاء والتي بانفجارها ينتج عنها نافورة من اللهب تؤثر على بطن الدبابة، المصنوع من المعدن الرقيق، وباختراق نافورة اللهب لبطن الدبابة يـُدَمَّر كل ما بداخل الدبابة من تجهيزات، وذخائر، ويـُقتل أفراد طاقمها. وتكلمنا عنها في فصل العبوات فراجعه

شكل

طريقة اللغم ذو الحشوة الجوفاء المضاد للدبابات

ثانياً الألغام البحرية:

تثبَّت الألغام البحرية على أرضية جسم الماء فيطفو بعضها مما يجعلها خطرة على السفن الصديقة وسفن العدو على السواء. تقوم السفن العائمة بزراعة الألغام البحرية ومنها المراكب المسماة زارعات الألغام، بالإضافة إلى الطائرات والغواصات، هنالك بعض الألغام البحرية الذاتية الدفع حيث تنطلق من غواصة وتتحرك لأميال قليلة قبل أن تستقر في قاع المحيط. يطلق اللغم قذيفة طوربيد بعد كشفه لصوت مروحة الغواصة العابرة.

خصائص اللغم كسلاح بحري :

اللغم هو السلاح الوحيد الممكن استخدامه ضد جميع أنواع السفن الحربية و التجارية الصغيرة و الكبيرة و كذلك أيضا الغواصات.

و يمكن بث الألغام من جميع السفن الحربية و كذلك من الغواصات و الطائرات و يمكن ايضا بثها من السفن التجارية و تسمى السفن المخصصة فقط لبث الألغام Mine Layer .

تتميز الألغام بعدم حاجتها لطاقم بشرى في تنفيذ مهمته بل ولا يحتاج أيضا إلى وحدة بحرية لتتابع تنفيذ المهم.

ومن أهم مميزات الألغام انخفاض التكلفة الشديد و لذلك يعتبر انجح سلاح بالنسبة للبحريات الصغيرة نسبيا عند اضطراها لمواجهة قوة بحرية اكبر منها .

أنواع الألغام البحرية:

* حسب الوضع الذي يتخذه اللغم*

النوع الاول

يشمل الألغام التى تتخذ وضعها تحت سطح البحر و تكون فى حالة طفو تحت سطح البحر بمسافة محددة و مثبتة الى ثقل على القاع بواسطة سلك و يطلق على هذا النوع من الألغام: الألغام السلكيةMooredMines .

النوع الثانى

هو الذى يرقد على قاع البحر و يستمر فى هذا الوضع و يطلق عليه ألغام القاع Bottom Mines

حسب طريقة تشغيل اللغم

النوع الأول

النوع الطرقي هو الذي ينفجر اذا اصطدم جسم السفينة او الغواصة بة او بسلك التثبيت و يسمى Contact Mine و هو نوع قديم نادرا" ما يستخدم الآن

النوع الثانى

النوع التأثيرى فيشعر بالهدف نتيجة لعدة مؤثرات Infuence Mines

و ينقسم هذا النوع الى ثلاثة انواع رئيسية:

1-النوع الذى يتأثر بالمجال المغناطيسى للسفينة او الغواصة عند اقترابها و ينفجر فى توقيت مناسب بحيث يقع الانفجار تحت منتصف السفينة يسمى اللغم المغناطيسى Magnetic Mine

2-النوع الذى يتأثر جهاز التفجير بة بالصوت الصادر عن رفاصات القطعة البحرية التى تمر بالقرب من اللغم و هذا النوع يطلع علية الألغام الصوتية Acocstic Mine

3-النوع الذى يتأثر بالضغط الخارجى نتيجة لمرور جسم القطعة البحرية فوقة او بالقرب منة و يؤثر هذا الضغط على جهاز التفجير محدثا الانفجار Pressure Mine.

و يتميز هذا النوع بصعوبة كسحة بل و قد يتعزز ذلك مما يتطلب وضع عبوة ناسفة بجوارة لتدميرة .

كشف الألغام البحرية:

الألغام البحرية صعبة الكشف والإزالة . نزعها أو تفجيرها . لاحتمال تركيب أجهزة حاسبة عليها الأمر الذي يسمح بعبور أعداد معينة من السفن قبل أن ينفجر اللغم. يمكن أيضاً تركيب موقتات على هذه الألغام تمنعها من الانطلاق لعدد من الساعات أو الأيام. تستخدم السفن المسماة كاسحات الألغام . السونار . لتحديد مواقع الألغام ومن ثم إزالتها.: . وتقوم طائرات مروحية كاسحة للألغام باستخدام أجهزة مقطورة لإزالة الألغام في المياه الضحلة. تُفجر الأجهزة الباعثة للصوت والمثبتة تحت الماء الألغام الصوتية. كما تقوم بعض الأجهزة التي تثبتها كاسحات الألغام تحت الماء بقطع الأسلاك المثبتة لألغام الالتماس. يطفو اللغم بعد ذلك إلى السطح ويتم تفجيره بالمدافع وتقوم أجهزة كهربائية تقطرها السفن بتفجير بعض الألغام المغنطيسية. أما ألغام الضغط فتتم إزالتها وتفجيرها باستخدام سفن صغيرة عابرة مجهزة خصيصاً لهذا الغرض.

بعض التجهيزات الاضافية للألغام البحرية:

و مع تطور التكنولوجيا العسكرية تم دمج أكثر من طريقة تفجير فى نفس اللغم بحيث لا يتم التفجير إلا بعد حدوث تأثير مغناطيسي و تأثير صوتي أيضا مما يعقد عمليات الكسح .

و توضع التجهيزات الإضافية لزيادة قدرات الألغام و تحسين إمكانيات مقاومة إجراءات التأمين ضدها و إعاقة عمليات الكسح .

1-جهاز تاخير زمن فعالية اللغم و هذا الجهاز يؤجل عمل دائرة التفجير لفترة زمنية يمكن تحديدها سواء بالساعات او بالايام و بالتالى يمكن بث الألغام فى مناطق معينة دون التاثير على الملاحة الا فى توقيت محدد قد يرتبط بموعد بدء القتال مثلا و هذا الجهاز يسمى Time Delay Mechanism

و يحقق هذا الجهاز إمكانية قبل اندلاع القتال و بالتالي خلق الظروف السهلة لتنفيذ مهمة بث الألغام و خصوصا في المياه المعادية و المناطق التي تكون تحت سيطرة العدو.

2-عداد السفن هذا الجهاز يجعل اللغم ا ينفجر إلا بعد مرور عدد معين من السفن علية أو بعد تعرضه لعملية الكسح عدة مرات و طبقا للاحتياجات التكتيكية المطلوبة Ship Count Mechanism

3-يوجد جهاز لمنع انفجار الألغام القريبة من اللغم الذى يتم تفجيرة و ذلك بوضع جهاز معين يقطع دائرة التفجير فى حالة تعرض اللغم لاهتزازات عنيفة نتيجة حدوث انفجار لغم مجاور و يطلق على انفجار الألغام بتأثير انفجار الألغام الاخرى التفجير التعاطفى.

حقول الألغام البحرية "Mine Fields"

يقصد بها عملية بث إعداد كبير من الألغام قد تصل إلى عدة آلاف من الألغام

و يتم استخدامها بغرض منع الملاحة في مناطق معينة وإجبار السفن المبحرة على إتباع طرق محددة يمكن السيطرة عليها و يجب على الدولة التي قامت ببث الألغام في منطقة معينة كحقل الألغام أن تعلن عنها لكل السفن المبحرة في المنطقة أو المتوقع مروها من هذه المنطقة

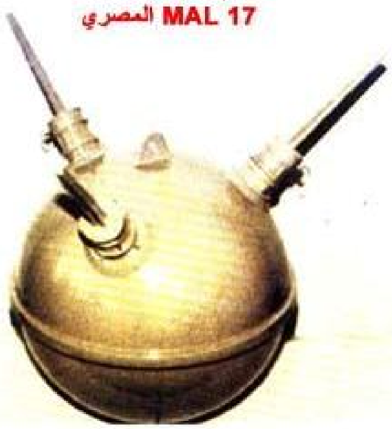
خطوط الألغام البحرية:

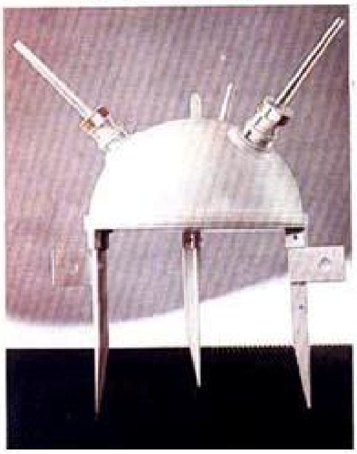
تستخدم لمنع العدو من التواجد أو العمل في مناطق محددة و عادة ما تستخدم هذه الخطوط لتأمين المناطق الصالحة للإبرار و منع العدو من تنفيذ مخططات الإبرار على الساحل كما تبث خطوط الألغام في مناطق المناورة لسفن المعاونة بالنيران و يلاحظ أن عدد الألغام المستخدمة في خطوط الألغام تكون محدودة.

كمائن الألغام البحرية:

يتم استخدام الألغام في شكل كمائن بواسطة بث أعداد قليلة من الألغام في المناطق الحاكمة مثل طرق الاقتراب من و إلى الموانئ و كذلك في المضايق البحرية و تكون الكمائن مؤثرة بشكل ملحوظ عند تحقيق عنصر المفاجئة.

ألغام المياه الضحلة





ألغام المياه الضحلة

أ –تزرع في الحقول التي تنشأ على السواحل، وتحت المياه الضحلة، للتأثير على المركبات البرمائية عند اقتحامها للسواحل، أو ضد وسائل الإبرار "الإنزال البحري". ولغم المياه الضحلة ذو تأثير تدميري ويستخدم على عمق بسيط في منطقة الجزر والسواحل.

ب –تزود الألغام بوسيلة تفجير بها زوائد إمالة، وتنشط بالاصطدام بها، وانحرافها بمقدار ٣٠ درجة "لأنه مثبت أصلا" ، أو بالضغط على هذه الزوائد.

ج –للمحافظة على وضع اللغم تحت الماء يزود بثلاث أوتاد للتثبيت "أرجل"، أو يزود بسلسلة تعليق، أو غطاس.

ألغام الإضاءة

ألغام الإضاءة

هي عبوات مضيئة، تستخدم لإعطاء إشارة للقوات الأمامية المهاجمة، عند اقترابها من العدو ليلاً، بغرض المحافظة على اتجاه هجومها، وكذا إرشاد الداوريات المدفوعة في عمق دفاعات العدو، في الوصول إلى أهدافها ليلاً . وقد تنفجر بالقرب من الأهداف المطلوب التعامل بها، بأسلحة الرمي المباشر ليلاً، لتمكين هذه الأسلحة من التنشين. وتأثير هذه الألغام غير قاتل، ولكنه يشكل خطر اندلاع حرائق، في منطقة نصف قطرها ٥ أمتار، من مركز اللغم.

إهـــــــداء

❖ إلى من قضى نحبه من أفذاذ هذه الأمة وفلذات أكبادها من قيادات واستشهاديين وجنود تقبلهم الله وأعلى منازله فقد كانوا منارات أضاءت الدرب لمن بعدهم.

❖ **إلى إخواننا المجاهدين الصادقين في أكناف بيت المقدس ونخص (جماعة أنصار بيت المقدس والجماعات المجاهدة) نصرهم الله**

❖ **إلى إخواننا المجاهدين في تنظيم قاعدة الجهاد قيادة وجنودًا** – حجر أساس ونواة الدولة الاسلامية في خراسان وبلاد الرافدين والشام وجزيرة العرب ومغرب الاسلام والقوقاز والصومال وغيرها – وعلى رأسهم حكيم هذه الأمة الدكتور أيمن الظواهري حفظه الله وصحبه وأبو بصير وجنده في يمان الحكمة وأبو مصعب عبدالودود وجماعته في مغرب الاسلام والصحراء الكبرى والفاتح الجولاني وأنصاره في سوريا ولبنان و .. حفظهم الله ونصرهم ومكن لهم

❖ **إلى الامارات الاسلامية** (الامارة الاسلامية في خراسان وأميرها المفضال الملا عمر مجاهد حفظه الله وأعوانه وجنوده – والدولة الاسلامية في العراق والشام وأميرها المغوار أبو بكر البغدادي وصحبه – و امارة الصومال قادةً وجنودًا – وا مارة القوقاز قادةً وجنودًا الغرباء في هذا الزمن) نصرهم الله ومكن لهم وفتح على أيديهم.

❖ **إلى إخواننا المجاهدين في الشام** وفي مقدمتهم (جبهة النصرة والدولة الاسلامية في العراق والشام وكتائب عبدالله عزام والكتيبة الخضراء وصقور العز وجند الأقصى . . . وكل مجاهد صادق) نصرهم الله.

❖ إلى إخواننا المجاهدين في بورما وباكستان وكشمير وتركستان وغيرها من البلاد المضطهد أهلها.

❖ إلى إخواننا الثابتين القابضين على الجمر الأسرى في سجون اليهود والنصارى والطواغيت .

❖ إلى إخواننا المجاهدين والمشردين والمضطهدين في كل مكان كلٌ باسمه ولقبه وما ذكرناهم وحسبهم أن الله يعرفهم ويذكرهم.

❖ **نقول لهم امضوا على بركة الله ودمروا أعداء الله، ومرغوا أنف كل طاغية في التراب ولا تبقوا له ضرس ولا ناب .**

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

الحمد لله الذي جعل جنات الفردوس لعباده المؤمنين نزلًا ويسر لهم الأعمال الصالحة الموصلة إليها فلم يتخذوا سواها شغلًا والحمد لله فاطر السموات والأرض جاعل الملائكة رسلًا وباعث الرسل مبشرين ومنذرين لئلا يكون للناس حجة بعد الرسل إذ لم يخلقهم عبثًا ولم يتركهم سدًا ولم يغفلهم هملا بل خلقهم لأمر عظيم وهيأهم لخطب جسيم .

وأشهدوا أن لااله الله وحده ولا شريك له كلمة قامت بها الأرضُ والسماوات وخلقت لأجلها جميع المخلوقات وبها أرسل الله تعالى رسلُه وأنزل كتبه وشرع شرائعه ولأجلها نُصَبت الموازينُ ووضِعت الدواوين وقام سوق الجنة والنار وبها انقسمت الخليقة إلى المؤمنين والكفار والأبرار والفجار فهي منشأُ الخلق ولأمر والثواب والعقاب وهي الحقُّ الذي خلقت له الخليقة وعنها وعن حقوقها السؤال والحساب وعليها يقع الثواب والعقاب وعليها نُصَبت القِبلةُ وعليها أُسستِ الملة ولأجلها جُرِدَتْ سيوفُ الجهاد وهي حق الله على جميع العباد فهي كلمة الإسلام ومفتاح دار السلام وهي أساس الفرض والسنة ومن كان اخر كلامه لا اله الا الله دخل الجنة •

وأشهد أن محمداً عبده ورسوله وأمينه على وحيه وخيرته من خلقه بعثه الله بالسيف بين يدي الساعة لإخراج العباد من عبادة العباد إلى عبادة رب العباد وأقام به الحجة ليهلك من هلك عن بينة ويحي من حي عن بينه وإن الله لسميع عليم فصلى الله وملائكته وأنبيائه ورسله وعباده المؤمنين عليه كما وحد الله وعبده وعرفنا به ودعا إليه....أما بعد :

يقول الله تعالى: **وما رميت إذ رميت ولكن الله رمى...** .

ويقول النبي ﷺ: **ارم سعد فداك أبي وأمي.**

فهذا الملحق من كتاب المرجع الأكبر في استخدام المتفجر ويتناول موضوع الصواريخ بالتفصيل نبدأه بقليل من التفصيل ثم يتم التوسع وننتهي بتصاميم ومشاريع جاهزة .

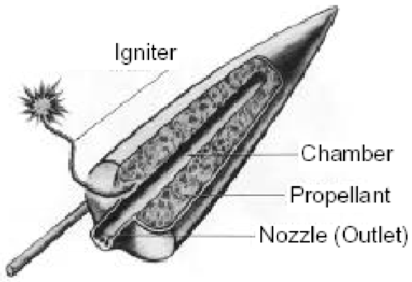
تم الاجتهاد في تجميع المعلومات وترتيبها والله نسأل أن نكون ُوفقنا في ذلك وقد استعجلنا في تنزيل هذا القسم لأهميته وسنقوم بتنزيل الكتاب لاحقاً عندما يجهز .

هذا ونسأله ان يتقبل منا هذا العمل ويجعله خالصا لوجهه الكريم ونساله أن يجعل هذا العمل صدقة جارية يؤجر كل مسلم على نشر ما فيها من علم.

مقدمة في علم الصواريخ

قواعد و تطبيقات

لمحة تاريخية : ظهرت الصواريخ بصورة من الصور على الأقل منذ القرن الثالث عشر الميلادي. وليس من المعروف من اخترع أول صاروخ لكن ماهو مؤكد هو أن الصينيين هم أول من استعمل و اخترع البارود الأسود. تشبه الصواريخ في ذلك الحين في أساسها مبدأ عمل الصواريخ المستعملة في الألعاب النارية في أيامنا. تحتوي على أربع مكونات.

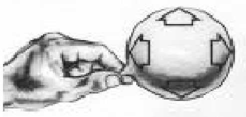


- شحنة اشتعالية و التي تولد الدفع
- أنبوب أجوف أو غرفة احتراقية
- وسيلة إشعال الوقود
- نازل أو مخرج حيث تخرج منه نواتج الاحتراق

انتقل هذا العلم من الصينيين إلى المسلمين الذين طوروه لينتقل إلى أوروبا حيث بدأ تطور البارود الأسود (بإضافة الفحم للبارود) ليصبح أسرع احتراقا ليدخل أخيرا في مجال الصواريخ.

ما الذي يجعل الصاروخ يتحرك؟

جاء نيوتن ليطور نظريته الثالثة للحركة و التي تقول :" لكل قوة مجراة على جسم رد فعل من ذلك الجسم بنفس القوة لكن في الاتجاه المعاكس " . يمكن توضيح ظاهرة حركة الصاروخ من خلال النظرية الثالثة لنيوتن عن طريق هذا المثال: نستعمل بالونا مليئا بالهواء . عند إحكام إغلاقه باليد يؤثر الهواء بداخل البالون بنفس القوة في كل الاتجاهات و بطريقة متساوية بحيث تعادل القوة من جهة القوة المقابلة لها في الطرف الآخر.



و عند ترك منفذ الهواء في البالون تختل القوى الضاغطة في داخل البالون و يزداد خاصة في مخرج الهواء و تكون سرعة الغازات أكبر من الهواء المحيط ، تبقى القوى داخل البالون تضغط في كل الاتجاهات إلا أن خروج بعض الغازات من المخرج يسبب عدم توازن شديد في الضغط إذ أن القوة المقابلة للفتحة لا تجد ما يعادلها فتضغط بشكل أكبر في الجهة المعاكسة للفتحة ، كلما خرجت الغازات من الفتحة بقوة كلما زادت تلك القوة المعاكسة بنفس القوة فيتحرك البالون في اتجاه تلك القوة المعاكسة الضاغطة على الجدار الداخلي للبالون.

بنفس المبدأ يعمل الصاروخ حيث أن خروج الغازات من النازل تتولد عنه قوة معاكسة بنفس القوة فتدفع الصاروخ إلى الجهة المعاكسة لخروج الغازات.

تم استعمال الصواريخ في الحروب من طرف الصينيين ، نقل المسلمون هذا العلم إلى ديارهم و طوروه ثم انتقل منهم إلى الغرب.

في القرن التاسع عشر شهدت الصواريخ تطورا مهما حيث تم الاستغناء عن العصا المصاحبة للصاروخ للاستقرار بعملية فتل الصاروخ باستعمال ثلاثة نوازل مائلة قليلا . إلى أن جاءت الحرب العالمية الأولى حيث كان الفرنسيون أول من استعمل الصواريخ في حرب الجو بعد تركيب صواريخ على أجنحة الطائرات و قذفها ضد المناطيد العملاقة الألمانية كسلاح حارق.

كل القوات المشاركة في الحرب العالمية الثانية استعملت و طورت صواريخ إلا الإيطاليين. من بين أكثر الصواريخ المستعملة بكثافة هي البازوكا الأمريكية وهو سلاح ضد الدبابات أما النموذج الألماني فكان الصاروخ Nebelwerfer عيار ١٥و ٢٠سم ، البريطاني بعيار ٣ و ٥ بوصة. كان لتطوير الألمان لصاروخهم المشهور V2 و الذي استعملوه في قنبلة لندن بكثافة، مما حدا بالحلفاء إلى تطوير صواريخ عابرة للقارات بعد تطوير المعسكر الشرقي لها. لكن صعوبة تخزين الوقود السائل المستعمل في تلك الصواريخ دعت إلى تطوير نظام دفع جديد يتجنب تلك السلبيات و ذلك باستعمال ما بات يعرف بالوقود الصلب؛ وهو وقود صاروخي دافع قابل للتخزين لمدة طويلة مع جهوزية تامة للإطلاق بدفع نوعي معقول و توفير دفع ثابت بعكس البارود الأسود.

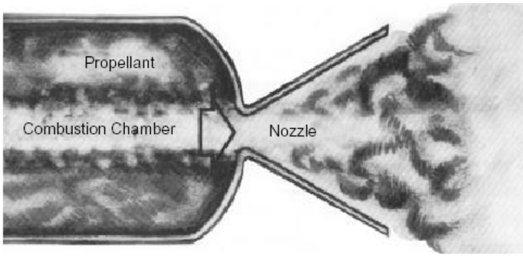
التطوير الحاصل ماقبل الحرب العالمية الثانية: سمحت التطورات و الاكتشافات الحاصلة في علم البوليميرات و البلمرة في تطور و اكتشاف وقود صاروخي صلب ناجع . بدأ ذلك عام ١٩٢٨ عند اكتشاف مادة لدائنية يمكن تصنيعها وهي البوليسلفيد Polysulfide . كان هذا الاكتشاف القاعدة الأساسية للوقود الصاروخي الصلب الحديث. تم استعمال هذا البوليمير كرابط لكل من المؤكسد و الوقود المعدني. يمكن تصليب الناتج اللدائني بعد أن يتم صبه في المحرك الصاروخي. و قد تم استعمال هذه التقنية سنة ١٩٤٩ في تطوير محركات صاروخية بأقطار كبيرة وباحتراق داخلي.

عكس المحرك التربيني النفاث الذي يستعمل أوكسجين الهواء في الاحتراق فإن المحرك الذي يعمل بالوقود الصلب يحتوي على كل المكونات لحصول احتراق تام مما سمح باستعمال هذا النوع من المحركات في الصواريخ التي تعمل في ارتفاعات عالية حيث الأوكسجين يقل أو في الفضاء الخارجي حيث لا وجود للأوكسجين.

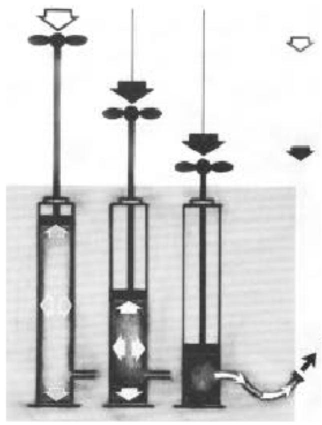
ما الذي يجعل الصاروخ يعمل؟

يعتبر المحرك الصاروخي أبسط وسائل تخزين الطاقة. تحترق مواد في الحالة الصلبة و السائلة فتنتج غازات ساخنة. ثم تتجمع الغازات في الحجرة الاحتراقية إلى أن يتشكل ضغط لدرجة أنه يجبر خروج تلك الغازات عبر النازل. حركة الغازات عبر البوابة (مدخل الغازات للنازل) ينتج عنه تحول في الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية. في المحركات الصاروخية الحديثة تخلط بودرة دقيقة جدا من معدن أو مركب الذي يقوم بدور الوقود معدني مع مركبات كيميائية أخرى تحتوي على أوكسجين (مؤكسد). يتم توزيع النسب اللازمة من الوقود و المؤكسد في مادة رابطة تؤدي كذلك دور الوقود دور الرابط في آن واحد.

أبسط أنواع المحركات الصاروخية تحتوي على حجرة احتراقية تكون محلا للوقود و التخزين في آن واحد ، ومن بوابة لخروج الغازات المحترقة تسمى بالنازل. نحتاج كذلك إلى صاعق اشتعالي يركب إما في بوابة مخرج الغازات (النازل) أو في الجهة المقابلة للنازل. القوانين التي طورها كل من نيوتن في القرن السابع عشر و روبير بويلRobert Boyle و جاك شارل Jacques Charlesتصف المبادئ الأساسية التي تصف عملية الاحتراق في محرك الصاروخ. في عدم وجود الجاذبية و مؤثرات خارجية أخرى يمكن أن يستمر طيران جسم بنفس السرعة إلى مالا نهاية. يجب أن تكون القوة الناتجة من المحرك الصاروخي قادرة على إقلاع الصاروخ من منصته و تحريره من الجاذبية و مقاومة الهواء ، فيجب أخذ هذه الكوابح بعين الاعتبار عند تصميم المحرك المطلوب لتوفير الدفع المناسب و مسار الطيران اللازم.



أما القانون الثاني فينص على أن التسارع هو نسبة القوة الناتجة من المحرك على كتلة الصاروخ. ولهذا فإن الصاروخ الذي يعطي قوة أكبر يتحرك بسرعة تتناسب طردا مع الزيادة في تلك القوة. و كمثال فإن سرعة كرة القولف تكون أكبر عند رميها بالمضرب مقارنة بسرعتها حين ترمى بالقدم لأنها تعطي للكرة قوة أكبر. كذلك الحال في الصواريخ ، كلما زاد الدفع Thrust الناتج من محرك صاروخي كلما تحرك الصاروخ بشكل أسرع في الهواء. إذا وصل الدفع إلى قيمة معينة فإن الصاروخ بإمكانه الانفلات من قوة الجاذبية(عامة يجب استعمال نظام صاروخي بعدة طوابق) . قانون نيوتن الذي ينص على أن لكل فعل رد فعل يماثله في القوة و يعاكسه في الاتجاه يفسر لماذا تتشكل قوة معاكسة لخروج الغازات في الصاروخ. أما قانون بويل



فيقول كلما تم إنقاص حجم غاز محصور في حاوية كلما زاد الضغط فهناك علاقة تناسب طردي. كمثال لهذا المبدأ منفخة إطارات الدراجات ، إذا تم منع خروج غاز ما من جهة و يتم ضغط الضاغط للأسفل مما يجعل حجم الحجرة صغيرا فإن الضغط يزداد جراء ذلك مما يرغم الغاز على المغادرة من الجهة الأخرى للمنفاخ.

ويقول العالم تشارلس أنه لو تم تثبيت ضغط كتلة معينة من الغازات بشكل ثابت أثناء رفع لدرجة الحرارة فإن الغاز يتمدد بمقدار متناسب طردا مع التغير في درجة الحرارة.

تعريف الأداء

يستعمل خبراء تصنيع الوقود الصاروخي عدة مقادير لتعريف أداء وقود صاروخي و محرك صاروخي ما. أول و أكثر المقادير المستعملة هي قوة الدفع Thrust و يرمز لها بـ Fو هي طريقة لقياس القوة العامة المولدة من طرف المحرك الصاروخي في زمن قدره واحد ثانية. و بشكل أساسي فإن قوة الدفع تساوي حاصل ضرب الكتلة في التسارع. لكن في الحسابات الدقيقة فإن كلا من الجاذبية ، الضغط و شروط أخرى يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار. بعد إتمام تحديد قيمة قوة الدفع نستعمل هذه القيمة لحساب مقدار مهم هو الدفع النوعي Specific impulse Isp الذي يوفر لنا دليل مقارنة لمعرفة كم يزود كل رطل من الوقود الصاروخي من قوة دفع. يرمز لها بالرطل قوة لكل ثانية في كل رطل ثقل . تختصر وحدة الدفع النوعي من طرف مهندسي هذا المجال من العلوم بالثانية. لحساب الدفع النوعي تقسم قيمة قوة الدفع على المعدل الكتلي لخروج الغازات عبر النازل في كل ثانية. قيمة أخرى مهمة هي الدفع العام و الذي يختصر بـ I_t . حساب هذه القيمة سهل حيث هي حاصل ضرب قيمة قوة الدفع F في زمن الاحتراق. كما أن الدفع النوعي هو معيار لمعرفة كفاءة وقود ما فإن النسبة الكتلية mass fraction أساس لمعرفة كفاءة المحرك. النسبة الكتلية العالية تعني أن أكثر كتلة المحرك الصاروخي هي وقود صاروخي، فينبغي الوصول إلى نسبة كتلية عالية عند التصميم و إلى اختيار وقود صاروخي بكثافة عالية، و التي فيما بعد تعني احتياجا إلى حجرة احتراقية أصغر. و تعرّف النسبة الكتلية بكتلة الوقود الصاروخي على كتلة المحرك الصاروخي الكاملة.

المبادئ الأساسية للصواريخ و الدفع الصاروخي

تعريف الصاروخ

الصاروخ من ناحية المبدإ عبارة عن وسيلة نقل كتلة نافعة عبر الجو أو البحر أو الفضاء من نقطة أ إلى نقطة ب. الصاروخ المجهز بنظام دفع ذاتي و نظام توجيه على جزء أو كل من مسار المقذوف يسمى اصطلاحا بالمقذوف الموجه MISSILE ، أما الصاروخ الموجه قبل الإطلاق بمساعدة القاذف والذي يحافظ على توجيهه بعد الإطلاق بمساعدة قوانين الطيران الخارجي يسمى اصطلاحا بالمقذوف غير الموجه ذاتيا ROCKET .

طيران الصاروخ

الصواريخ غير الموجهة ذاتيا غالبا ما توفر لنا وسيلة سهلة ، صغيرة ، آ منة و رخيصة لإيصال الحمولة النافعة للهدف المطلوب ، خاصة عندما تكون الدقة العالية ليست هي الغرض من المهمة ، يصبح هذا النظام من الصواريخ مهما جدا . الصواريخ غير الموجهة ذاتيا لا تحتوي على مكونات توجيه ذاتية فهي بالتالي تصوب إلى الهدف عن طريق وسائل الإطلاق ، إما تحافظ على استقرارها بالفتل و الدوران السريع جدا بدون أجنحة أو بالاستفادة من قوى الديناميكا الهوائية على الجسم بالأجنحة.

مسار الصاروخ

يشبه مسار الصاروخ قطع مكافئ بزاوية ٤٥ إلى ٦٠ درجة من أجل الحصول على أقصى مدى ، كما أن علاقة التسارع الابتدائي G ومعامل التزايد Q بزاوية الإطلاق تؤثران بشكل مباشر على المدى . بالإضافة إلى عدم الدقة في التصنيع ، أخطاء في الحساب و مقاومة الهواء كل ذلك يؤثر على مسار الصاروخ.

مقاومة الهواء و معاملات مقاومة الهواء

القوى الأساسية التي تؤثر على طيران صاروخ ما سلبا هي مقاومة الهواء و يؤثر ذلك على سرعة وتسارع الصاروخ . أما القوة الرافعة (مثل القوة التي ترفع الطائرة في الهواء) فتؤثر بشكل إيجابي.

المحرك الصاروخي

المكونات الأساسية للصواريخ غير الموجهة ذاتيا هي: الرأس الحربية ، المحرك الصاروخي الدافع و الإطار الخارجي . أما فيما يخص المحرك الصاروخي فإن الوظيفة الأساسية له هي تسريع الصاروخ و إيصاله إلى السرعة المطلوبة لإنجاز المدى المطلوب. و يتكون المحرك بدوره من الوقود الدافع ، حجرة الاحتراق، النازل و وحدة الإشعال .

السرعة المميزة

هي عامل كفاءة تعرف العلاقة بين نواتج الاحتراق و خواصها في الحجرة الاحتراقية . ووحدة سرعة الغازات هي المتر في الثانية .

معامل الدفع

معامل لا وحدة له يساعد في الدلالة على كفاءة المحرك ، ويحدد علاقة مابين القوة الدافعة ومضيق النازل والضغط الناجم من الاحتراق في الحجرة الاحتراقية .

الدفع

هو القوة الناتجة عن احتراق الوقود بدلالة الزمن .

الدفع النوعي

هو وحدة لقياس كفاءة النظام وهو الدفع الناتج من جراء وحدة واحدة من الوقود الدافع .

سنتكلم كمدخل واساسيات لتصميم محرك صاروخي ثم سنتكلم بالتفصيل لاحقا

تصميم المحرك الصاروخي:

يحتوي المحرك الصاروخي في أبسط تصاميمه على حجرة احتراقية و التي تلعب دور حاوية الضغط ، بوابة لمخرج الغازات الساخنة و تسمى بالنازل و صاعق اشتعالي لبدء الاحتراق.

يحتا ج المحرك كذلك إلى كل من :

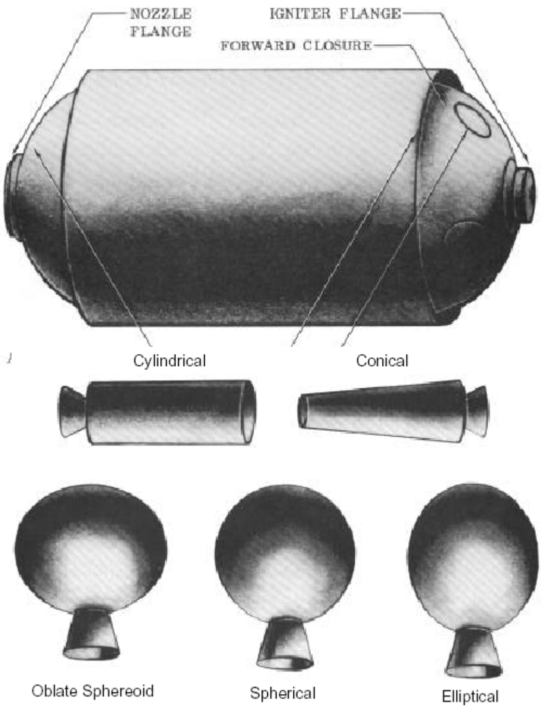
- ❖ عازل : مواد تستعمل لحماية مكونات المحرك الصاروخي من درجة الحرارة العالية للاحتراق المولدة أثناء عمل المحرك و من الحرارة الناتجة جراء احتكاك جسم الصاروخ الخارجي أثناء طيرانه في الجو.
- ❖ الوقود الصاروخي: عند استعمال وقود صاروخي مركب يتكون الوقود الصاروخي من خليط من مؤكسد و وقود (وقود معدني و وقود آخر يلعب دور الرابط للخلطة الصاروخية) تعبأ الخلطة في الحاوية المعنية المحمي جدارها بمادة عازلة ثم تصلب بطرق خاصة حسب الرابط المستعمل. أما عند استعمال وقود صاروخي صلب متجانس المكون من النتروسليلوز و النتروجليسرين المخثر للنتروسليلوز فيحوله إلى مادة ثقيلة القوام تتصلب فيما بعد.
- ❖ الكابح: طبقة من مواد غير قابلة للاشتعال، توضع على المكان الذي لا نريد وصول النار إليه، و يحصل ذلك عند الرغبة في التحكم في مساحة الاحتراق و مقدار الغازات الناتجة عن الاحتراق.

- ❖ تجويف الوقود الصاروخي(فراغ): يتم تشكيل تجويف في مركز المحرك الصاروخي لزيادة مساحة الاحتراق. يمكن أن يكون التجويف بأشكال متعددة للحصول على مساحة احتراق صغيرة أو كبيرة حسب مقدار قوة الدفع المرغوبة. لا يتم استعمال تجويف داخلي في بعض المحركات عند الرغبة في تصميم محرك باحتراق طرفي End burning حيث يتم الاحتراق فقط في نهاية الوقود مما يسمح باحتراق ثابت Neutral لكن بقوة دفع بسيطة(توجد طرق أخرى للحصول على احتراق ثابت نوعا ما بقوة دفع عالية). يمكن تصميم تجويف داخلي بحيث أن سرعة الاحتراق (بالتالي سرعة توليد الغازات) ، ضغط الحجرة الاحتراقية و قوة الدفع تزيد كلما زاد زمن الاحتراق، ويمكن تسمية هذا النوع من التصميم بالاحتراق المتزايد Progressive. إذا ولّد محرك قيمة متناقصة في قوة الدفع نقول أن للمحرك قوة دفع متناقصة Regressive . لكن ينبغي أخذ قيم أخرى بعين الاعتبار غير شكل التجويف الداخلي و منها نسبة الطول إلى القطر للمحرك.
- ❖ النازل: بوابة في مؤخرة حاوية الوقود للتحكم في جريان الغازات و لتحويل الطاقة الكيميائية المتحررة من الاحتراق إلى طاقة حركية.
- ❖ مضيق النازل: أصغر قطر في النازل يسمى بمضيق النازل . عند استعمال نازل من النوع DeLaval يسمى مدخل الغازات في النازل بالقسم المتناقص Convergent يحصل فيها تقلص في حجم الغازات و تقلص في مساحة التيار. أما عند المضيق فيحصل أن سرعة الغازات تساوي في تلك النقطة سرعة الصوت (في تلك الظروف) ثم تخرج عبر الجزء المتزايد للنازل و الذي يكون السبب في تسريع الغازات إلى سرعة ما فوق الصوت.
- ❖ مخرج النازل: و يسمى كذلك بالقسم المتناقص في النازل ، يمكن أن يكون على شكل مخروطي أو كنتوري (منحنى مقفل). وظيفته التحكم في تمدد الغازات الخارجة عبر المضيق.
- ❖ Exit plan : يتواجد عند الحافة النهائية للنازل حيث ينبغي أن يكون الضغط هناك للغازات تقريبا مساويا للضغط الجوي عند ذلك الارتفاع.
- ❖ جهاز الإشعال: وسيلة لبدء احتراق الوقود الصاروخي . وهو جهاز يولد غازات ساخنة و نارا بما فيه الكفاية و بالطريقة اللازمة لإشعال سطح الوقود بشكل متزامن.

تصميم أجزاء الصاروخ مقيد بعدة اعتبارات منها حجم و قطر الصاروخ، هدف المهمة، المواد المتوفرة و محدوديات الميزانية المالية.

الحاوية

يجب أن تلعب حاوية الوقود الصاروخي دورين:



١- حاوية تخزينية للوقود الصاروخي

٢- حجرة ضغط بها مخرج حيث يحترق الوقود الصاروخي بداخلها لتوفير قوة دافعة للأمام.

بسبب هذا الدور المزدوج كان ينبغي علينا التوفيق بينهما و مراعاة عوامل أخرى تؤثر على كفاءة المحرك بشكل عام و التوافقية بين كل أجهزة النظام الصاروخي و تكلفته.

يتم انتخاب الشكل الخارجي للحاوية للحصول على أفضل كفاءة. يمكن الوصول إلى شكل الحاوية النهائي بعد الأخذ بعين الاعتبار كلا من: الكتلة النافعة (المتفجرات ، القمر الصناعي .. أي ما يراد حمله بالصاروخ) ، الأدوات المتاحة ، محدوديات الوزن و الحجم و استعمال تصميم معين للوقود. أكثر المواد استعمالا في تصنيع الحاوية تتمثل في خلائط معدنية ، فولاذ و نيكل مع عملية تصليب ، خلائط غير معدنية للتيتانيوم، خلائط الألومينيوم و بلاستيكات مدعمة بألياف زجاجية. يتم اختيار أفضل المواد لتحمل ظروف الطيران المفترضة. يجب أن يخطط المهندس لكيفية لحام و تشكيل الحاوية أثناء التصنيع و معرفة المعدن اللازم في كل موضع وفي كل مرحلة من مراحل الطيران وما مدى قوة تحمله للشد و للانكسار و خواص ميكانيكية أخرى.

توجد عدة اعتبارات حرارية يمكن أن تؤثر في المحرك الصاروخي من بينها الحرارة المولدة عن طريق احتكاك الهواء مع السطح الخارجي للصاروخ ، الحرارة المتنقلة عن احتراق الوقود الصاروخي(يمكن أن تؤثر في المتفجرات أو تجهيزات إلكترونية) ، التركيب و فصل قالب التجويف لمساحة الاحتراق.

ينبغي معرفة و افتراض و اختبار كل ما يمكن أن يؤثر في الصاروخ أثناء نقله أو تخزينه أو تقادمه أو صدئه.

يمكن استعمال الفولاذ المبرد بسرعة أو المطَبع Temper كمواد أساسية في حاوية الوقود الصاروخي. وقد تم استعمال خلائط من النيكل و الكوبالت. و الفولاذ المصلد بالتعتيق (Maraging age hardening) و التي توفر فولاذا قويا عند تسخينه في درجة حرارة مابين ٤٥٠و ٥١٠ درجة مئوية في زمن معين. هذا التعتيق يولد شكلا معينا للجزيء الفولاذي مما يعطي خاصية جيدة وثباتية عند التعامل الحراري ، احتباس جيد للكربون الذي يدخل في تصليب السطح. توفر خلائط التيتانيوم نسبة عالية من القوة على الكتلة مما يسمح في زيادة الكتلة النافعة ، إلا أن خلائط التيتانيوم توفر قدرة منخفضة للالتواء (انبعاج) ويمكن أن يحصل لها بعض الصدأ تحت ظروف معينة. يمكن استعمال خلائط الألومينيوم في الحاويات الصغيرة لتجنب الصدأ كما أنها توفر أقتصادا في الوزن لكن يجب استعمال سمك معتبر.

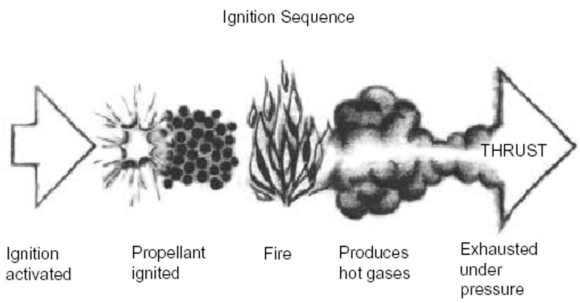
تستعمل بلاستيكات مدعمة بألياف متعددة.

عند تصميم المحرك يتم تقسيمه إلى قسمين: الحجرة الاحتراقية و النازل. تؤخذ بعين الاعتبار الشروط و الثوابت الأولية تبقى ثابتة بعد بداية الاحتراق. أول الافتراضات هي أن الاحتراق يتم في حجرة كاظمة للحرارة (حاوية المحرك الصاروخي) أي لا وجود لربح أو خسارة في الطاقة. تعمل المادة العازلة في منع أي خسارة للحرارة عبر جدران الحاوية و بهذا تكون الفرضية مبررة. كذلك يتم الافتراض على أن الحجرة الاحتراقية تكون متساوية الضغط Isobaric . و تحت ظروف في وضع استقرار Steady state نعني أن كل العوامل في توازن. يفترض أن تسلك غازات الاحتراق سلوك الغاز المثالي و أي نواتج سائلة يتم غض الطرف عنها لأنها قليلة.

الصاعق الاشتعالي

بعد إشعال الوقود تتولد غازات ساخنة ، تخرج عبر النازل عندما يتولد ضغط كاف في حجرة الاحتراق ؛ فتتولد قوة دافعة تدفع الصاروخ. بهذا التسلسل تتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة حركية.

أغلب المحركات الصاروخية تبدأ اشتعالها بصاعق اشتعالي و الذي يحتوي على ظرف به مادة اشتعالية تلامس سلك مقاومة كهربائي. عند توصيل الكهرباء تشتعل المادة المذكورة فيتولد لهب ساخن جدا ينتشر في مساحة الوقود المخصصة للاشتعال.

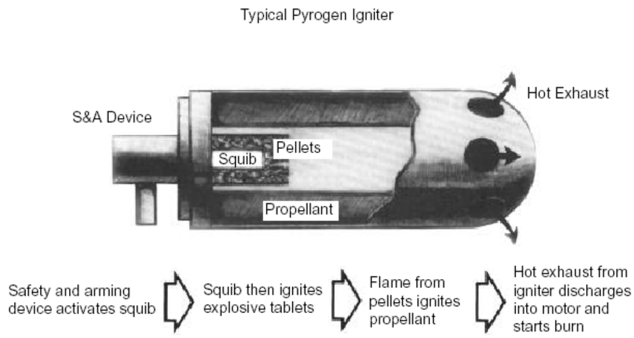


هناك عدة أنواع من الصواعق الاشتعالية ، يمكن تصنيفها حسب شكلها نوع الحاوية أو نوع المواد الفعالة التي تحتويها. من بينها:

١- السلة : مصنعة من نسيج حديدي به ثقوب حيث يتم احتواء المادة الفعالة.

٢- لفة من الجيلي: وهي طلاء قابل للاحتراق مدعم بصفحة رقيقة مطاطية من البلاستيك و مكورة في أنبوب من عدة طبقات.

٣- علبة : غالبا ماتحتوي على حاوية معدنية أو بلاستيكية أو حتى من ورق تعبأ بالمادة الاشتعالية.

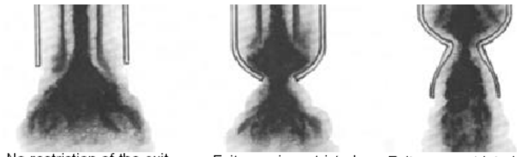


٤- Pyrogen : تعني أن احتراق المادة الاشتعالية يحصل في حجرة مغلقة و تصل نواتج الاحتراق إلى المحرك الصاروخي بسرعة(محرك صاروخي صغير يستعمل لإشعال محرك صاروخي كبير).

النازل

الغازات الساخنة المحتوية على الطاقة التي تتحرر من الاحتراق تمثل مخزونا من الطاقة الكامنة الذي يجب أن يتحول إلى طاقة حركية إذا كان الهدف هو إطلاق الصاروخ من منصته. النازل هو الوسيلة اللازمة لتحويل الطاقة الكامنة لغازات الاحتراق إلى طاقة حركية و بالتالي توليد قوة دافعة. تحول الطاقة هذا يتم بتسريع جزيئات الغازات إلى سرعة قصوى عند مغادرتها للمحرك. عند إشعال الوقود تتولد غازات ساخنة بما يكفي لتكوين حالة و مستوى معين و ثابت من الضغط. القسم المتناقص للنازل يسبب زيادة ضغط الغازات الساخنة ، فلو توفر مخرج و مهرب لتلك الغازات المضغوطة فإن الارتفاع في الضغط يسبب تحول الطاقة الحرارية(الغازات الساخنة) إلى طاقة حركية (سرعة). يحسب مهندس الصواريخ سرعة تلك الغازات و حركتها بالدلالة مع سرعة الصوت في ذلك الموقع (لا يعني سرعة الصوت هنا ٣٣٩م/ثا فهي عند الضغط الجوي و الحرارة العاديين) أي سرعة الصوت الذي ينتقل عبر الغازات الساخنة في ضغط و درجة حرارة تلك الغازات. قبل النازل تنتقل الغازات الساخنة بسرعة أقل من سرعة الصوت، وظيفة النازل هو تسريع الغازات وخروجها من الصاروخ بشكل منتظم إلى أقصى سرعة

ممكنة للحصول على أكبر قدر ممكن من الطاقة الحركية. مابين٦٥-٧٠% من القوة الدافعة الإجمالية تنتج من جراء تسريع نواتج الاحتراق إلى سرعة الصوت في المضيق، الباقي ينتج عن تسريع الغازات إلى سرعة مافوق الصوت عند تمدد الغازات في القسم المتزايد للنازل. ولهذا بدون قسم متزايد للتحكم في الغازات المتحركة بسرعة الصوت واتجاهها نفقد ربع إلى ثلث القوة الدافعة الممكن الحصول عليها في وجود قسم متزايد.

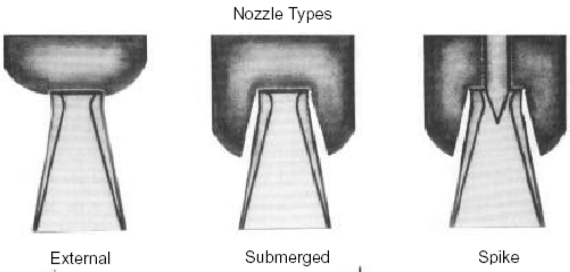


No restriction of the exit area, gases escape at subsonic velocity

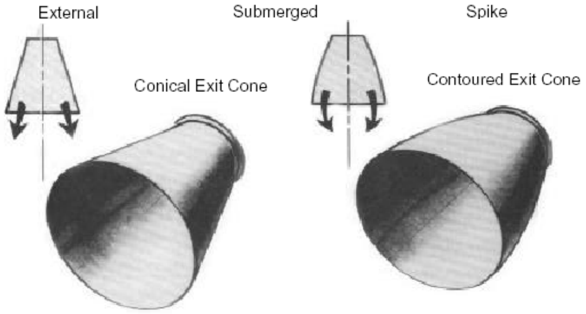
Exit area is restricted by aft closure, gases at acoustic velocity.

Exit area restricted by aft closure and nozzle, gases escape at supersonic velocity

كل النوازل المستعملة في المحركات التي تعمل بالوقود الصاروخي من النوع متناقص متزايد DeLaval و تكون إما خارجية أو داخلية (في المحرك).



أكثرها استعمالا هي التركيب الخارجي . بالإضافة إلى ذلك يوجد نوعان للقسم المتزايد النوع المخروطي و آخر بسطح منحنٍ كنتور. الهدف من الشكل المنحنى المائل كنتور هو توجيه التيار بحيث قوته تتركز في المحور الطولي للصاروخ.

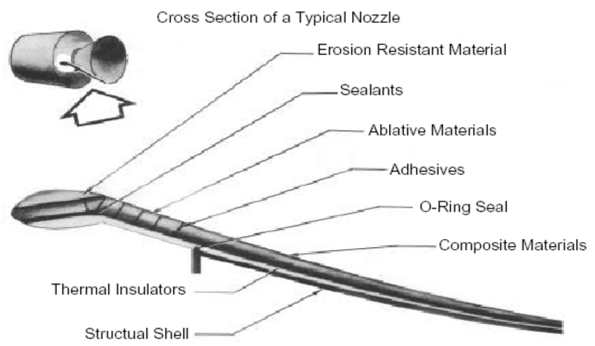


المواد المستعملة في النازل

من بين المواد الداخلة في تصنيع النازل: مواد هيكلية ، مواد لاصقة، مواد تشحيم ، مواد تثبيت مع المحرك ، مواد حامية من الحرارة و أخيرا مواد مانعة للصدأ و التسرب.

لغاية درجة حرارة ٢٦٠م أغلب المواد المستعملة في النوازل هي خلائط الألومينيوم و مركب ألياف زجاجية راتنجي. ما بين درجة حرارة ٢٦٠م و ١٠٥٠ م يمكن استعمال الفولاذ الحراري ، حديد بالنيكل ،نيكل ، كوبالت و خليط من الكروم و ماسبق. فوق درجة حرارة ١٠٥٠م تستعمل مواد تتحمل الحرارة دون أن تتشقق أو تذوب مثل المولبلدينيوم و الكولومبيوم والتانتاليوم.و يوفر التنجستن القدرة على تحمل درجات حرارة لغاية ٢٥٠٠م . فوق ٢٥٠٠م المواد الوحيدة الممكن استعمالها هي الجرافيت و الجرافيت الحراري Pyrolytic graphite تستعمل أكثرها في منطقة المضيق حيث الظروف هناك تكون قاسية.

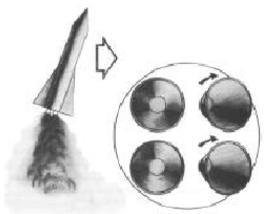
تستعمل عجينة من كرومات الزنك كمادة مانعة للتسرب و شحم من السليكون. تستعمل مواد عازلة للحرارة مابين الجرافيت و المادة الهيكلية للنازل لحمايتها من الحرارة منها ألياف من الأزبستوس و راتنجات فينولية و طلاء من مواد سيراميكية أهمها أوكسيد الزيركونيوم. أما في مخرج النازل فنستعمل ألياف زجاجية مدعومة براتنجات فينولية محتوية على السيليكا ، الجرافيت أو الكربون لرفع مقاومتها للتآكل.

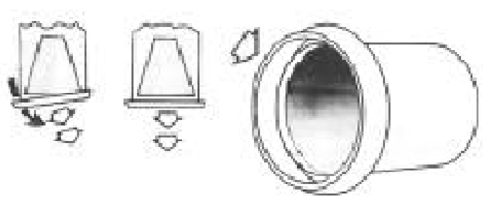


حيث يتم كساء هيكل معدني يتحمل الحرارة بأليف زجاجية مدعومة أو تلف حول قالب معدني إن رغبنا في عدم استعمال الهيكل.

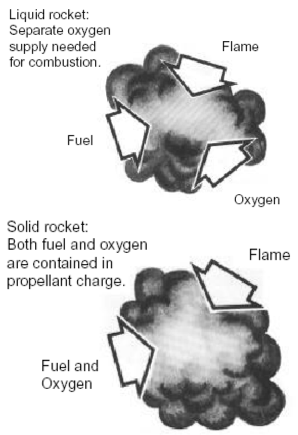
التحكم في مسار الطيران

عند عدم استعمال طرق في التحكم الذاتي للطيران ينبغي تصنيع الصاروخ بشكل يسمح لأن يحافظ على مسار طيرانه بعد الإطلاق فيطير بشكل قطع مكافئ بعد انتهاء الاحتراق. عند الصواريخ الموجهة ينبغي تصميم أجهزة تحكم في كل من المستويات الثلاث : الارتفاع الطول و العرض. يمكن تخيل ذلك كأن الصاروخ يتحرك في أنبوب دون أن يلمسه. فإذا اقترب من جهة يجب تصحيح البعد وهكذا. أغلب الصواريخ الموجهة تستعمل أجنحة صغيرة في مقدمة الصاروخ للتحكم في الطيران مادامت تطير بسرعة عالية و في ارتفاعات معينة حيث الهواء موجود بكثافة. أما في ارتفاعات عالية أو خارج الغلاف الجوي فيجب استعمال طرق أخرى لتوجيه الصاروخ ، و لحصول ذلك يجب توجيه القوة الدافعة و يحصل ذلك بتحريك المضيق أو مخرج النازل أو كليهما.





الوقود الصاروخي الدافع



وجود الوقود الصاروخي هو لدفع الصاروخ من منصة الإقلاع و توليد قوة دافعة للصاروخ حتى يستمر في طيرانه. محركات الطائرات و السيارات تستعمل أوكسجين الجو للاحتراق ، أما الاحتراق في المحرك الصاروخي فيحتوي على كل ما يحتاجه الاحتراق التام و بالتالي فهو يحتوي على الأوكسجين و الوقود في خلطة واحدة ، أما في حالة استعمال الوقود السائل كوقود صاروخي تعزل المادة المؤكسدة عن الوقود.

يتم استعمال النسب الصحيحة للوقود(المادة المرجعة) و المادة الغنية بالأوكسجين. وللحصول على أكبر قدر ممكن من القوة الدافعة

ينبغي اختيار الوقود الصاروخي الذي يحمل الصفات التالية:

❖ وقود صاروخي بدفع نوعي أكبر مايمكن .

❖ نواتج احتراق بكتلة مولية أقل مايمكن (كلما قلت الكتلة المولية لنواتج الاحتراق كلما كان تسريع تلك الغازات أسهل) .

❖ الثباتية و المحافظة على الخواص الفيزيائية و الكيميائية الأولية مع مرور الزمن.

❖ أكبر قدر ممكن من الكثافة بحيث أكبر قدر ممكن من الطاقة يمكن تخزينه في حيز صغير.

❖ مقاومة التغيرات في الأحوال الجوية مثل الرطوبة و درجات الحرارة العالية و البرودة.تحمل ظروف النقل و احتمال الاصطدام و الاحتكاك.

❖ تغير بسيط جدا في حجم الوقود مع التغير في درجة الحرارة و يفضل أن يكون مساويا أو مقاربا للتغير الحاصل في حاوية الوقود للتقليل من الإجهاد أو تفكك الوقود من حاويته.

❖ سهولة في التصنيع و سهولة صبه في المحرك وسهولة التحكم في عملية تصلبه و تقلص قليل بعد التصلب.

❖ سرعة احتراق ثابتة و يمكن توقعها مع عدم التأثر بعوامل التخزين.

❖ عدم احتواء غازات الاحتراق على نواتج صلبة (دخان) حتى لا يحصل ترسب على المضيق و لا يكشف منصة الإطلاق،

❖ التصاق سهل بالمعادن و قابليته للطبقة العازلة،ويكون من مواد أولية رخيصة و متوفرة.

❖ يجب ألا يسمح بالاشتعال في عمق الوقود جراء الإشعاع الحراري

أنواع الوقود الصاروخي الصلب

يقسم الوقود الصاروخي إلى قسمين رئيسيين ثنائي القاعدة Double base و مركب Composite. يرجع هذا التقسيم إلى الحالة الفيزيائية و الكيميائية للوقود الصاروخي وكذلك إلى المواد الداخلة في تصنيعه.

الوقود الصاروخي ثنائي القاعدة يستعمل النتروسليلوز (مادة متفجرة اشتعالية) و مادة ملدنة تحتوي على طاقة تذيب النتروسليلوز ثم تصلبه في شكل وقود صلب. كل جزيء من الوقود الصاروخي المنتوج يحوي الأوكسجين و الوقود اللازم للاحتراق (على مستوى الجزيئات). المواد الداخلة في تصنيع هذا الوقود الصاروخي غالبا ماتكون غير ثابتة كالنتروسليلوز و النتروجليسيرين ، كل هاتين المادتين تحتويان على اللازم من الوقود و الأوكسجين في جزيئاتها للاحتراق و الانفجار دون الحاجة إلى مواد أخرى ولهذا سميتا بالقاعدة أي قائمة على حالها إلا أننا نخلط بينهما للحصول على خواص فيزيائية و كيميائية خاصة. أما الوقود ثنائي القاعدة فغالبا ما يستعمل النتروسليلوز و النتروجليسيرين، إضافة هذا الأخير تسمح بإذابة النتروسليلوز و جعله هلاميا و من ثم ليتصلب على الشكل المراد. يتم إضافة مواد أخرى للتقليل من حساسية النتروجليسيرين ، كذلك يتم إضافة مواد أخرى للتسريع أو تبطيئ في سرعة الاحتراق و التغيير في الخواص الفيزيائية للوقود. مع مرور الزمن و عند التخزين يتحلل النتروسليلوز ببطء لكن بشكل مستمر و متزايد ليحرر أوكسيد النتروجين . سرعة التحلل تزيد بوجود أوكسيد النتروجين ، يتم إضافة مواد مثبتة Stabilizers للخليط الصاروخي لتمتص تلك الأوكسيدات فتبطئ سرعة تحلل النتروسليلوز مما يساعد على ثباتية الوقود الصاروخي عند التخزين. المواد التي تحسن الخواص الميكانيكية للوقود هي الملدنات Plasticizers ، يمكن أن تكون في حد ذاتها متفجرة أو غير ذلك. لأن الحرارة المولدة أثناء الاحتراق عالية يمكن أن يتم إرسال إشعاعات حرارية عالية في عمق الوقود الصاروخي فتخترق الشعلة الوقود بأكمله فيحصل احتراق غير متحكم فيه فيرتفع الضغط بصورة غير متحكم فيها، لتجنب هذه الظاهرة يتم إضافة مواد مسودة مثل الكربون الأسود و السناج لجعل ذلك الاختراق مستحيلا. تضاف بعض المواد الأخرى للتقليل من درجة حرارة الشعلة كوسيلة للتحكم في ضغط الحجرة الاحتراقية ، و تضاف مواد للتقليل من حساسية الوقود الصاروخي للرطوبة.

أما الوقود الصاروخي المركب الصلب Composite فإنه يحتوي على المؤكسد (مادة غينية بالأوكسجين المخزن) و الوقود (مادة تستعمل هذا الأوكسجين) مخلوطان ليس على مستوى الجزيئات ولكن خلطة فيزيائية . لا يحترق كل منهما على حدة بشكل مرضي . أما إذا تم الخلط

بينهما فإنهما يعطيان احتراقا تاما. يحتوي الوقود المركب على جزيئات صغيرة جدا من المؤكسد و وقود غير عضوي (معدني) و يتم خلطهما في سائل يكّون الوقود العضوي وكذلك يلعب دور الرابط في الخلطة الصاروخية فيصلبها. تحتوي أغلب الخلطات الصاروخية على مواد أخرى تضاف إلى ما سبق بكميات بسيطة لتحسين خاصية فيزيائية أو باليستية مثل مواد لرفع أو خفض سرعة الاحتراق. يمكن أن تشمل الروابط مواد طبيعية أو مواد صنعها الإنسان مثل القار أو سوائل صناعية ماقبل البلمرة Prepolymer تعطي خاصية لدائنية صلبة بعض الشئ عند بلمرتها. تتصلب هذه السوائل لتصبح لدائنية (كمثال لهذه الخاصية هو بياض البيض حيث أنه يتصلب كالمطاط بعد تسخينه كذلك يلعب بياض البيض دور الرابط في الكيك ماسكا المواد الأخرى عبر جزيء يشبه سلسلة طويلة). يكون الـ Prepolymer على شكل سائل لتسهيل خلط و إضافة مواد المؤكسد و الوقود المعدني إليه قبل بداية البلمرة . أول المواد الرابطة استعمالا في تاريخ تطوير وقود صاروخي هو نوع خاص من القار Asphalt ، مع أنه متوفر إلا الدخان الأسود الناتج عن احتراقه قلل من استعمالاته بالإضافة إلى أن درجة حرارة ذوبانه منخفضة (١٠٠ م) و يتشقق عند درجات حرارة منخفضة إذا لم يتم إضافة الزيوت إليه. البوليميرات المطاطيةElastomers تتواجد في الطبيعة و تصنع من طرف الإنسان، الذي أدخلها في مجال الوقود الصاروخي الصلب. أول هذه المواد استعمالا كان الـ Polysulfide كمادة ماقبل البلمرة إلى بوليمير مطاطي مما سمح بإنتاج محركات ضخمة وصل قطرها إلى ٢٦٠إنش. كذلك مواد Prepolymer سائلة أخرى تم اكتشافها و استعمالها في هذا المجال منها Polybutadiene acrylic acid PBAA و PBAN Polybutadiene acylonitrile و Carboxyl terminated polybutadieneCTPB أو Hydroxyl terminated polybutadieneHTBP . تسمح هذه الروابط و غيرها بتشكيل و سهولة خلط الوقود مع الحصول على خواص فيزيائية و كيميائية جيدة إلا أنه يجدر القول أن كل هذه المواد المذكورة كروابط عليها حضر دولي فيجب استعمال غيرها.

أما فيما يخص المواد المؤكسدة فهي مواد كيميائية غير عضوية كثيرة ، توفر الأوكسجين اللازم للوقود الصاروخي إلا أن بعض الخواص المتعلقة بالكفاءة تحد من استعمال جلها. عامة البيركلورات : البوتاسيوم ، الأمونيوم ، الليثيوم ، الصوديوم و النترونيوم لديها أوكسجين في جزيئاتها أكثر من النترات : الأمونيوم ، البوتاسيوم و الصوديوم. مع العلم أن كمية الأوكسجين ليست أهم خاصية يجب توفرها في المادة المؤكسدة عند اختيار المادة المؤكسدة في الخلطة الصاروخية. بعض البيركلورات تنتج كلوريد الهيدروجين عند احتراقها وهو غاز سام و مصدأ يكّون حمض الهيدروكلوريك عند

اختلاطه بالماء و مركبات كلورينية أخرى. نواتج هذه البيركلورات سامة و مصدأ لمواد عديدة و باستثناء بيركلورات الأمونيوم و بيركلورات النترونيوم فإن كل البيركلورات تعطي عند احتراقها دخانا كثيفا لأن كلورات البوتاسيوم و الصوديوم نواتج احتراقها صلبة(بودرة) لونها أبيض . بيركلورات الأمونيوم و البوتاسيوم تذوب قليلا في الماء لهذا فهي المستعملة في الوقود الصاروخي لأنه معرض للرطوبة. أكثر البيركلورات المستعملة هي بيركلورات الأمونيوم لأنها تعطي نواتج احتراق كلها غازية و كمية أوكسجين أكثر من النترات. هذه الأخيرة (نترات البوتاسيوم و الصوديوم) تنتج دخانا غير مرغوب فيه يحتوي على مواد صلبة. يستعمل نترات الأمونيوم كسماد زراعي متوفر إلى حد ما ينتج عند احتراقه نواتج غير دخانية لكن لا يوفر أوكسجينا بشكل يؤهله للاستعمالات ذات الطاقة العالية.

أما الوقود المعدني فيستعمل بودرة الألومينيوم. إضافة ١٥ بالمئة بودرة ألومينيوم للوقود الصاروخي الصلب يساعد من ثلاثة أوجه: رفع درجة حرارة الشعلة و بالتالي رفع الدفع النوعي للوقود الصاروخي(القوة الدافعة لكل رطل من الوقود) ، رفع كثافة الوقود الصاروخي و يؤدي دورا كابحا للاحتراق غير الثابت. كذلك يتم استعمال البريليوم عوض عن الألومينيوم لأنه لا ينتج نواتج احتراق بكتلة مولية أقل بل يرفع من الدفع النوعي للوقود من ٥-١٠ %. إلا أن نواتج احتراقه سامة جدا. و بما أن مواد أخف من الألومينيوم (الليثيوم ، البريليوم ، الصوديوم و المغنيزيوم) ميالة لأن تنفجر و خطيرة في التعامل معها عند وجودها على شكل مسحوق ناعم جدا و غالية السعر (و بعضها عليه حضر على شكل بودرة) فإن الألومينيوم وجد الطريق أمامه لكي يستعمل بكثافة في هذا المجال.

مدخل لتصميم وعمل الصاروخ

سيتم التدرج في التدريس لتسهيل الطبيعة المعقدة للمحرك الصاروخي. و يتم فيما بعد التحدث حول الوقود الصاروخي الدافع فقط في المجال الذي لديه علاقة مباشرة بالمحرك الصاروخي. فالحجم و الشكل الذي يتخذه الوقود الدافع له علاقة مباشرة و مهمة بالخصائص و الكفاءة العامة المطلوبة في المحرك الصاروخي.

عند اشتعال الوقود الصاروخي الدافع داخل المحرك الصاروخي فإنه يحصل احتراق Combustion يعني ذلك تحول الوقود الدافع من مادة صلبة إلى غازات درجة حرارتها عالية جدا و دخان (جزيئات لم تتحول إلى غازات). يجب أن يلائم و يتوافق هذا الاحتراق و المتطلبات الباليستية العملية المرغوبة. سرعة الاحتراق ، درجة حرارة الاحتراق و نواتج الاحتراق كلها تلعب دورا حيويا في التأثير على كفاءة المحرك الصاروخي. طبعا أهم جزء في المحرك الصاروخي هو النازل فهو المسؤول على فشل أو نجاح المحرك الصاروخي بشكل عام. لكن ماهو النازل ؟ سيتم التطرق إلى ذلك في ملف النازل. عملية طرد الغازات و نواتج الاحتراق عبر النازل بسرعة عالية ينتج ما يسمى بالـ القوة الدافعة Thrust للمحرك الصاروخي.

كل من لديه إلمام ولو بسيط بالصاروخ يعرف أنها عملية احتراق تولد ضغطا عاليا. هذا الضغط العالي للحجرة الاحتراقية Chamber pressure هو الذي يرغم الغازات و الجزيئات الناتجة عن الاحتراق على أن تغادر الصاروخ عن طريق الفتحة الوحيدة في المحرك التي تتواجد بالضبط في النازل. التحكم في الضغط هو مفتاح التحكم في المحرك الصاروخي.

الافتراضات الأولية

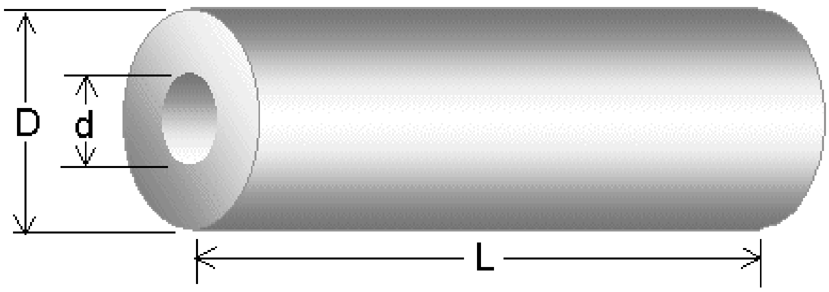
إن العمليات الكيميائية و الفيزيائية التي تجري في المحرك الصاروخي تعتبر عمليات معقدة للغاية، تتضمن هذه العمليات: التفاعلات الكيميائية المركبة و التي تجري أثناء الاحتراق، بالإضافة إلى الطريقة التي يتم استهلاك الوقود أثناء الاحتراق بها، و سلوك دفق الغازات و الجزيئات الناتجة عن الاحتراق عندما تتشكل على مساحة الاحتراق، ثم سيرها عبر حجرة الاحتراق و خروجها عبر النازل، و التفاعل مابين الغازات و الجزيئات الكثيفة (الدخان إن وجدت) أو الغازات فيما بينها و هي مازالت في حجرة الاحتراق أو توقفها عن التفاعل فيما بينها و أين تقف و ما السبب.

يتطلب التحليل النظري للمحرك الصاروخي إجراء بعض التسهيلات و التبسيط و ذلك عند افتراض وجود المحرك الصاروخي المثالي و الذي يعني التالي:

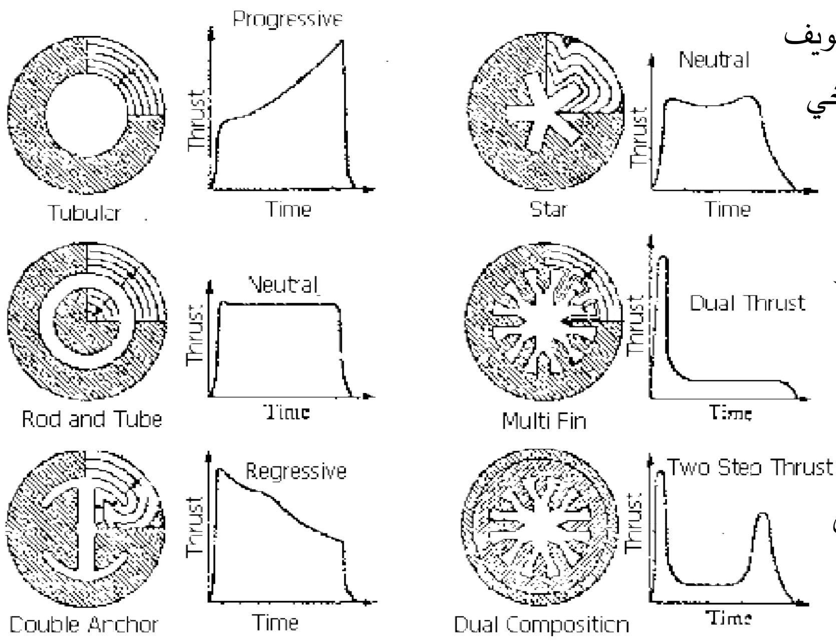
- احتراق الوقود الصاروخي يكون بشكل تام.
- نواتج الاحتراق تتماشى مع القانون المثالي للغازات Perfect gas flow.
- لاوجود لاحتكاك يعيق جريان الدفق الغازي.
- يتم اعتبار الاحتراق و الدفق في المحرك أنه كاظم للحرارة Adiabatic يعني لا وجود لضياع في الطاقة للجوار.
- لغاية أن يذكر غير ذلك فإن الحالة الثابتة في الاحتراق هي المعنية بالدراسة ، مما يعني أنه أثناء الطيران فإن الافتراضات و الشروط لا تتغير مع الزمن.Steady state
- توسع الغازات و الدفع العام تتم بطريقة متسقة موحدة بدون صدمة أو انقطاع.
- يتخذ الدفق عبر النازل ببعد واحد و ليس دورانيا أي أن كل الجزيئات تتحرك في خطوط متوازية وفي محور واحد.
- سرعة الدفق ، الضغط و الكثافة كلها تتخذ على أنها متجانسة عبر محور النازل.
- يتم اعتبار أن التفاعلات أثناء الاحتراق تنتهي عند النازل Frozen equilibrium.
- تتزايد دائما مساحة الاحتراق بشكل عادي.

الوقود الصاروخي الصلب

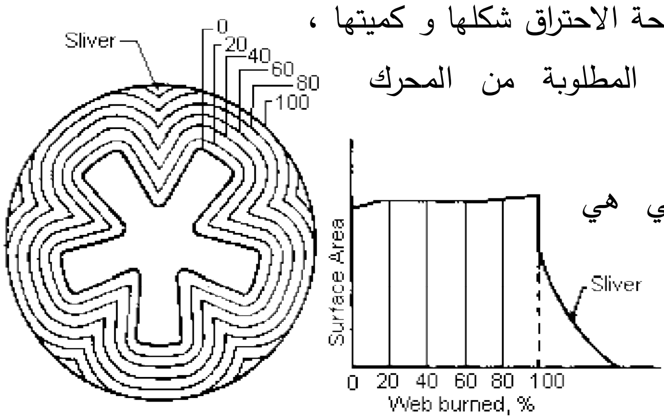
يحتوي الوقود الصاروخي الدافع على مؤكسد وقود ورابط بينهما، بالإضافة إلى مضافات أخرى صغيرة مثل مواد مصلبة ، مثبتة ، مذيبات ، ملدنات ، مسرعات في تجفيف الرابط و مغيرات في سرعة الاحتراق و غيرها. وبشكل عام جل الوقود الصاروخي الدافع يأتي على شكل أسطواني واحد أو متعدد كي يملأ حيز حجرة الاحتراق. غالبا ما يحتوي الشكل الاسطواني على تجويف مركزي بطول الأسطوانة و يكون على شكل من الأشكال.



وذلك لزيادة مساحة الاحتراق الأولية المعرضة للاشتعال. يكون التجويف الداخلي للأسطوانة على شكل من الأشكال التالية: دائري ، نجمي ، صلب ، شكل يشبه عجلة العربة .. ، يؤثر شكل التجويف الداخلي بطريقة مباشرة على نوعية الاحتراق كما هو مبين:



لكن كيف يؤثر التجويف الداخلي للوقود الصاروخي في منحنى القوة الدافعة بدلالة الزمن؟. القوة الدافعة (و ضغط الحجرة الاحتراقية) التي يولدها المحرك الصاروخي لها علاقة مباشرة بمساحة الاحتراق في أي زمن من بداية الاحتراق. أي إذا زادت مساحة الاحتراق زادت القوة الدافعة و العكس صحيح.



ولهذا يجب الأخذ بعين الاعتبار مساحة الاحتراق شكلها و كميتها ، فهي المفتاح للحصول على الكفاءة المطلوبة من المحرك الصاروخي.

الوظيفة الأساسية للوقود الصاروخي هي توليد نواتج احتراق بسرعة معينة و معلومة و يمكن تعريف معدل التوليد كالتالي :

$$\dot{m}_g = A_b \rho_p r$$

$\dot{m}_g$ معدل سرعة خروج التيار الغازي (كغ / ثا)

ρ_p هي كثافة الوقود النوعية

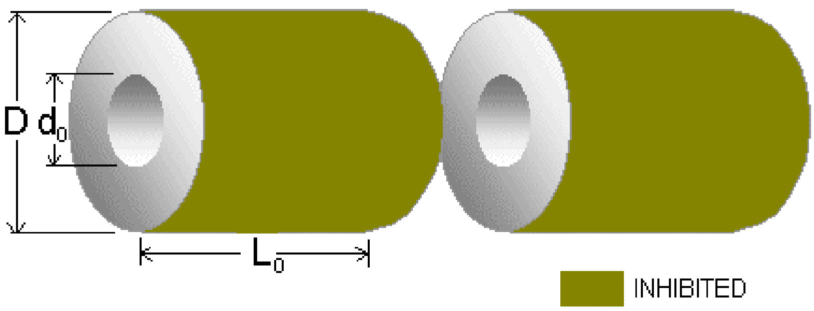
A_b مساحة الاحتراق

r سرعة الاحتراق

مساحة الاحتراق الكلية هي مساحة الوقود الكلية المعرضة للاحتراق ابتداء ، فالمساحات المكبوحة في الوقود لكي لا تصلها النار غير داخلة في ذلك.و لهذا فإن مساحة احتراق الوقود محدودة عن طريق:

- شكل الوقود
- استعمال مواد عازلة لعدم وصول الاحتراق اختياريا (كابح).

الكوابح Inhibitor هي مواد كيميائية يضعها المهندس للتحكم في مساحة الاحتراق و هي طبقة مقاومة للاحتراق.



عند تصميم محرك صاروخي نأخذ بعين الاعتبار المساحة القصوى المعرضة للاحتراق لأنها تعّن الضغط الأقصى للحجرة الاحتراقية.

الضغط الأقصى للحجرة الاحتراقية يعّين نوعية حاوية المحرك و سمك جدارها.

من بين الخصائص الفيزيائية للوقود الصاروخي الدافع هي الكثافة النظرية و التي تستعمل في حساب الكفاءة فإذا كان الوقود يحتوي على عنصرين (المؤكسد و الوقود) فإن الكثافة تحسب كالتالي:

$$\rho_p = \frac{1}{\frac{f_o}{\rho_o} + \frac{f_f}{\rho_f}}$$

حيث أن ρ_p يرمز إلى الكثافة و f يرمز إلى الكسر (نسبة) ، و oxi يرمز للمؤكسد oxidizer و f يرمز إلى الوقود fuel . إذا كان الوقود يحتوي على أكثر من عنصرين فإن كثافة الوقود الصاروخي العامة تساوي :

$$\rho_p = \frac{1}{\frac{f_a}{\rho_a} + \frac{f_b}{\rho_b} + \frac{f_c}{\rho_c} + \dots}$$

الكثافة الفعلية هي الكثافة الحقيقية بعد خلط الوقود . غالبا ما تكون أقل من الكثافة النظرية ، يمكن حسابها بوزن الوقود المصنع لمعرفة كتلته و حساب حجمه.

$$\rho_p = \frac{m_{grain}}{\mathcal{V}_{grain}} \qquad \mathcal{V}_{grain} = \frac{\pi}{4}\left(D^2 - d^2\right)L$$

For a hollow cylindrical grain, where D =outer diameter
d =inner (core) diameter
L = Length of grain

الكثافة الفعلية تكون غالبا من ٩٤-٩٧% من الكثافة النظرية. و ذلك لأسباب تتعلق بتقنيات التصنيع. غالبا ما يحسب حجم عينة من الوقود بطريقة أرخميدس ، فنغمر عينة من الوقود المعلومة الوزن في سائل و نقارن الحجم الزائد.

النسبة الحجمية للحشو Volumetric loading fraction : تعرف على أنها نسبة حجم الوقود إلى حجم الحجرة الاحتراقية و لها علاقة بكفاءة المحرك:

$$V_l = \frac{V_p}{V_a} = \frac{I_t}{I_{sp}\,\rho_p\,V_a}$$

حيث أن V_p حجم الوقود ، و V_a حجم حجرة الاحتراق ، و I_t الدفع العام المولد من قبل المحرك و I_{sp} هو الدفع النوعي للوقود.

نسبة قطر الوقود Web fraction هي: نسبة سمك الوقود الخارجي و تعرف بـ

$$W_f = \frac{D-d}{D} = \frac{2r_b}{D}$$

حيث أن tb زمن احتراق الوقود الكلي. D هو قطر الوقود الخارجي. من الواضح أنه إذا رغبنا في زيادة زمن الاحتراق يجب زيادة wf أي تقليل من قطر التجويف الداخلي.

مساحة المقطع العرضي لتجويف الاحتراق إلى مساحة المقطع العرضي للمضيق:-Port- to-throat

$$\frac{A_p}{A_t} = \frac{\pi D^2(1-V_1)}{4A_t}$$

حيث أن Ap هي مساحة المقطع العرضي لتجويف الاحتراق .

و أن At هي مساحة المقطع العرضي للمضيق.

سرعة تيار الغازات تتأثر بالنسبة المذكورة أعلاه. والتيار المصدوم Chocked flow يحصل عندما تكون النسبة تساوي ١. أي مثلا عندما تكون مساحة المضيق تساوي مساحة مقطع عرضي للتجويف الداخلي فيحصل احتراق أكال و لذلك يتم تجنبه على الإطلاق. غالب

احتراق الوقود الصاروخي الصلب

يعمل المحرك الصاروخي على مبدأ تحويل الطاقة الحرارية من جراء التفاعلات الكيميائية إلى طاقة حركية. الاحتراق هو تفاعل باعث للحرارة و لبدء هذا التفاعل نحتاج إلى طاقة أولية. نستفيد من الصاعق الاشتعالي لتوليد تلك الطاقة. نأخذ مثالا على وقود صاروخي بسيط جدا لتوضيح الصورة نوعا ما ، وهو خليط من نترات البوتاسيوم بـ ٦٥% مع السكروز (سكر الطعام) بـ ٣٥% .

حيث معادلة الاحتراق كالتالي:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 6.29\ KNO_3 \rightarrow 3.80\ CO_2 + 5.21\ CO + 7.79\ H_2O + 3.07\ H_2 + 3.14\ N_2 + 3.00\ K_2CO_3 + 0.27\ KOH$$

توجد نواتج أخرى لكنها قليلة جدا مثل KH, CH4 .

$C_{12}H_{22}O_{11}$ السكروز

KNO_3 نترات البوتاسيوم

CO_2 ثنائي أكسيد الكربون

CO أحادي أكسيد الكربون

H_2O بخار الماء

H_2 الهيدروجين

N_2 النتروجين

K_2CO_3 كربونات البوتاسيوم

KOH هيدروكسيد البوتاسيوم

يتم الاحتراق كما تم افتراضه مع توليد ضغط ثابت. تتولد نواتج جزيئية متوازنة كيميائيا وحراريا فيما بينها.الخطوة الأولى هي افتراض أن الاحتراق قد حصل . و من أجل وقود يتكون فقط من كربون أوكسجين ، هيدروجين و نتروجين هناك على الأقل ١٢ ناتجا محتملا CO2,CO, H2, H2O, O2, N2, HNO2, H, O ,N, OH و غيره. إذا كان الوقود يحتوي على معدن مثل البوتاسيوم أو الصوديوم أو الألومينيوم أو الكلور فإنه يتولد في شكل دخان (في هذه الخلطة) أي ناتج احتراق إما سائل أو صلب مثل كربونات البوتاسيوم أو مايعادل مع الصوديوم أكسيد الألومينيوم أو كلوريد البوتاسيوم. عندما نحدد نواتج الاحتراق نحدد عدد الجزيئات الناتجة من كل ناتج احتراق. و يتم ذلك بمعرفة المواد الداخلة في الاحتراق و نسبها مع مراعاة التوازن الجزيئي في المعادلة والتوازن الطاقي. أما التوازن الوزني فيعتمد على القانون الأول للديناميكا الحرارية Conservation of mass عدد مولات العناصر الداخلة في التفاعل يجب أن تكون مساوية لعدد مولات النواتج.

الداخلة في التفاعل هي : **12** C atoms, **22** H atoms, 3*6.29=**29.87** O atoms, **6.29** K atoms, and **6.29** N atoms

أما نواتج التفاعل فهي: 3.67+5.19+3.14=**12** C atoms, 2*7.91+2*3.09=**22** H atoms, 3*6.29=**29.87** O atoms, and 2*3.14=**6.29** (rounded) K & N atoms

غالبا ماتكون التفاعلات تفاعلات إرجاعية مثلا:

$$2\ H_2 + O_2 <\!-\!> 2\ H_2O$$

لكل تفاعل إرجاعي هناك قيمة تسمى K_p تحدد.

$$\nu_A A + \nu_B B \Leftrightarrow \nu_C C + \nu_D D$$

$$K_p = \frac{y_C^{\nu_C}\ y_D^{\nu_D}}{y_A^{\nu_A}\ y_B^{\nu_B}} \left(\frac{P}{P_o}\right)^{\nu_C+\nu_D-\nu_A-\nu_B}$$

حيث أن y يمثل نسبة المول Mole fraction لكل من A,B,C,D أما v فهو معامل كل مكون (أي يساوي ٢ و ١ من أجل H2, O2). و يمثل كسر الضغط أي الضغط الذي يحصل فيه التفاعل إلى الضغط الابتدائي. يجب الإشارة أن نواتج التفاعل عند درجة حرارة الغرفة غير نواتج

نفس التفاعل عند درجة حرارة K٣٠٠٠ لأن النواتج تستمر في الاحتراق و الانفصال إلى جزيئات أقل تركيبا مثال:

$$H_2O <-> HO + 1/2\ H_2$$

$$O_2 <-> 2\ O$$

$$H_2 <-> 2\ H$$

عند درجات حرارة منخفضة مثلا و عند احتراق وقود صاروخي مثل نترات البوتاسيوم/سكر يمكن التغاضي عن الفقدان في الطاقة من أجل هذه التفاعلات الجانبية لأن هذه الأخيرة تكون قليلة.

قانون المحافظة على الطاقة يقول أن الطاقة في المتفاعلات تساوي الطاقة في النواتج:

HP = HR . و أن Enthalpy (المحتوى الحراري) هي الطاقة المستعملة في التفاعل سواء إعطاء أو احتياج. مع افتراض أن تفاعلا يشرك عدد n من المولات من كل المتفاعلات و يرمز لها بـ ni و أن n مول من كل النواتج و يرمز لها بـ ne فإن:

$$\sum_{R} n_i [h_f + \Delta h]_i = \sum_{P} n_e [h_f + \Delta h]_e$$

المعادلة سابقة الذكر تقول أن مجموع طاقة التكون hf بالإضافة إلى التغير في الطاقة Δh ضرب عدد المولات n لكل عنصر متساو في المتفاعلات والنواتج. مع العلم أن Δh تمثل الاختلاف في الطاقة مقارنة بدرجة حرارة معينة و ثابتة، غالبا ماتكون تساوي ٢٥م. و لهذا السبب فإن Δh تساوي صفر للمتفاعلات إذا كانت درجة حرارة بداية التفاعل مساوية لـ ٢٥م. يمكن معرفة Δh و hf لكل المركبات إما من جدول Janaf أو من مصادر كيميائية أخرى. المعادلة سابقة الذكر مفيدة جدا لأنها تسمح بحساب درجة حرارة الاحتراق و التي غالبا ما تعرف باسم Adiabatic flame temperature AFT . كذلك يمكن من هذه المعادلة استنتاج أنه كلما كانت طاقة التكون للمتفاعلات عالية كلما كان ذلك مرغوبا . كذلك وجود غازات النتروجين و الهيدروجين في الاحتراق مرغوبة لأن طاقة التكون لديها يساوي صفر.

بالنسبة لوقود صاروخي مركب أكثر تكون العملية الحسابية صعبة نوعا ما إلا أنها غير مستحيلة ، توجد برامج كمبيوترية تحسب ذلك و يمكن إضافة مواد جديدة إذا لم تكن في قائمة المواد المختارة و المخزنة في البرنامج . من بين هذه البرامج برنامج GDL و PROPEP أو CET.

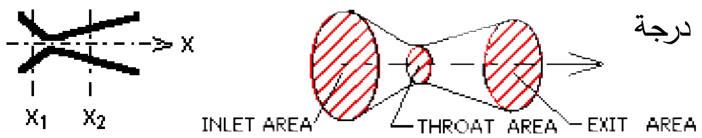
نظرية النازل Nozzle theory

الوظيفة الأساسية للنازل هي قيادة و تسريع نواتج الاحتراق من حجرة الاحتراق إلى خارج الصاروخ بسرعة تصل إلى مافوق سرعة الصوت بأضعاف. النوازل المتعارف عليها هي النازل المتناقص – المتزايد Convergent-divergent أو ما يسمى بـ DeLaval nozzle . نأخذ كافتراضات التالي:

- ❖ جريان تيار النواتج ثابت و لا يتغير مع الوقت.
- ❖ أحادي البعد أي أن جريان التيار يكون على محور واحد و في اتجاه واحد.

- ❖ جريان التيار منضغط Compressible لأنه يكون في درجة حرارة عالية جدا بعكس السوائل أو الغازات في درجة حرارة منخفضة يتم التعامل معها على أنها Incompressible. تيار يقبل الانضغاط يعني يقبل التغير في الكثافة مما لا يسمح به التيار غير المنضغط.
- ❖ خصائص التيار مثل السرعة ، الكثافة و درجة الحرارة في التيار القابل للانضغاط تتأثر بالتغير في القطر ، بالاحتكاك و بضياع الطاقة في المحيط.

الهدف من النوازل المستعملة في الصوارخ هي تسريع نواتج الاحتراق إلى أكبر سرعة إخراج ممكنة. ويتم ذلك عن طريق تصميم النازل اللازم و بالشكل الذي يتماشى مع شرط جريان متساو Isentropic flow يعني ذلك جريان يتأثر فقط بالتغير في قطر النازل و لا يتأثر بالاحتكاك و ضياع الطاقة عبر جدار النازل. إلا أن النوازل الحقيقية لا تقبل ذلك الافتراض فيجب التقليل من الاحتكاك قدر الإمكان و ضياع الطاقة عبر النازل (مواد لاتمتص الحرارة بسهولة ، درجة انصهارها عالية ، تنفيس النازل ...) بهذه الطريقة يكون النازل الافتراضي قريبا من النازل الحقيقي و يتأثر فقط بالتغير في القطر.



يحول النازل الضغط العالي و درجة الحرارة العالية الناتجة من الاحتراق و سرعة منخفضة للغازات إلى سرعة غازات عالية و ضغط منخفض و درجة حرارة منخفضة نوعا ما.

معادلة الطاقة قائمة على أن الطاقة لا تضيع و لا تستحدث ، و من أجل أي دفق بين نقطتين في نازل ما فإن :

$$h_1 - h_2 = \frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) = C_p(T_1 - T_2)$$

حيث أن h تعتبر طاقة التيار عند تلك النقطة ، v هي سرعة التيار في اتجاه x ، أما cp فهي سعة الطاقة الحرارية للتيار Effective heat capacity و أن T هي درجة حرارة التيار . نظرة خاطفة في المعادلة السابقة تبين لنا أن الفرق (النقصان) في الطاقة الكامنة يساوي الزيادة في الطاقة الحركية ، أي طاقة النواتج تستعمل في تسريع التيار(الغازات بسرعة عالية) إلى سرعة أعلى . الطرف الثالث من المعادلة يبين لنا نقصان في درجة حرارة التيار بما أن cp ثابت.

واضح أن خواص التيار (هنا المقصود بالذات درجة الحرارة) لها علاقة بسرعة جريان التيار ، ينبغي اعتبار درجة حرارة الركود To (عند اعتبار أن التيار isentropic) أي التيار يكون في حالة ركود بجعل سرعة التيار تساوي صفر $v_2=0$. فنجد أن :

$$T_o = T + \frac{v^2}{2C_p} \qquad \text{equation 1}$$

ثم لدينا من أجل تيار راكد:

$$\frac{T_o}{T} = \left(\frac{P_o}{P}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{\rho_o}{\rho}\right)^{k-1} \qquad \text{equation 2}$$

حيث أن k هي نسبة Ratio of specific heat و يعرف على أنه Isentropic exponent و يساوي: $k \equiv \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_p}{C_p - R}$ كل من Cp و R يحددان حسب الوقود المستعمل، حيث أن :

$R = R'/M$

و أن R` هو ثابت الغاز العالمي و M Effective molecular weight لنواتج الاحتراق ، إذا كانت نواتج الاحتراق تحتوي على نسبة معتبرة من الجزيئات الصلبة (دخان) تكون M لها اعتبار مهم. يجب استعمال قيمة k الخاصة بكل وقود صاروخي وبأربعة أرقام بعد الفاصلة.

سرعة الصوت الموضعية و رقم الماغ a معرف بالمعادلة التالية :

$$a = \sqrt{kRT} \qquad M = \frac{v}{a} \qquad \text{equation 3}$$

حيث أن v هي سرعة خروج الغازات .

من المعادلات ١,٢,٣ نستطيع ربط علاقة بين درجة حرارة الموضع و تسمى Stagnation temperature or Total temperature و تحسب كالتالي:

$$\frac{T_o}{T} = 1 + \frac{k-1}{2} M^2 \qquad \text{equation 4}$$

يمكن إثبات أنه من أجل أي تيار راكد :

$$\frac{P}{\rho^k} = \text{constant} \qquad \text{equation 5}$$

بالقانون الأول و الثاني للديناميكا الحرارية . و من المعادلة ٤ و ٥ و من معادلة الغازات المثالية $P = \rho R T$ فإن العلاقة ما بين الضغط الراكد و رقم الماغ و الكثافة تمثل كالتالي:

$$\frac{P_o}{P} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{k}{k-1}} \qquad \text{equation 6}$$

$$\frac{\rho_o}{\rho} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{k-1}} \qquad \text{equation 7}$$

إذا علم رقم الماغ فإن المعادلات ٤و ٦و ٧ تساعد كثيرا. حيث أن T0 هي درجة حرارة الاحتراق في الحجرة الاحتراقية . P0 هو ضغط الحجرة الاحتراقية . ρ_o كثافة نواتج الاحتراق تحت ظروف غرفة الاحتراق. كذلك من الخواص المهمة هي Stagnation enthalpy وهي ثابتة في النازل بجعل $v_2=0$ لنتحصل على :

$$h_o = h + \frac{v^2}{2} \qquad \text{equation 8}$$

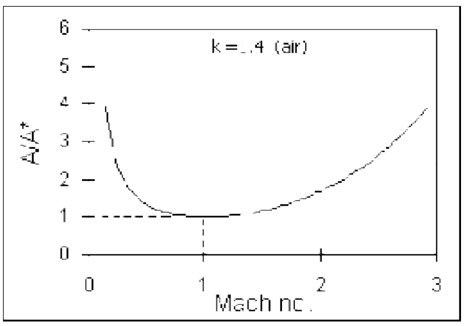
معادلة أخرى لها علاقة بالتيار المنضغط هي معادلة المحافظة على الكتلة:

$$\rho A v = \text{constant} = \rho^* A^* v^* \qquad \text{equation 9}$$

A هي مساحة معينة في مقطع عرضي للنازل (أي بعد معين). v هي سرعة الدفق في تلك النقطة. أما *A أي مساحة مقطع عرضي للمضيق تكون سرعة الدفق تساوي سرعة الصوت في تلك النقطة، منه فإن $v/a=M=1$. أخذا بعين الاعتبار المعادلات ٣و ٤و ٧و ٩ فإن *A/A يساوي:

$$\frac{A}{A^*} = \frac{1}{M}\left(\frac{1 + \frac{k-1}{2} M^2}{1 + \frac{k-1}{2}}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \qquad \text{equation 10}$$

و عندما نرسم منحنى لقيم *A/A مقابل العدد ماغ :



نجد أن الدفق و جريان تيار الغازات يصل و يتعدى سرعة الصوت فقط في الموضع و الجزء المتزايد من النازل، بما أنه يمكن معرفة العدد M عند معرفة مساحة المقطع المعني ، بإمكاننا الآن رسم منحنى لدرجة الحرارة ، الضغط و كثافة التيار عبر النازل بالاستفادة من المعادلة ٤و٦و٧ .
و من المعادلة ٨و ٩ سرعة جريان التيار عند مخرج النازل تساوي :

$$V_e = \sqrt{2\,(h_x - h_e) + V_x^{\,2}} \qquad \text{equation 11}$$

حيث e يعني مخرج
و x تعني أي موضع على محور النازل.
باستعمال معادلة الطاقة و تعريف k و المعادلة ٢ يمكننا حساب سرعة جريان التيار عند مخرج النازل كالتالي:

$$V_e = \sqrt{2\,T_o\left[\frac{R'}{M}\right]\left(\frac{k}{k-1}\right)\left[1-\left(\frac{P_e}{P_o}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \qquad \text{equation 12}$$

هذه المعادلة من أكثر المعادلات فائدة في تحديد سرعة خروج الغازات.
في الملخص يجب أن نعرف:

- ❖ قيمة k الفعلية لنواتج الاحتراق المتحصل عليها من برامج كمبيوترية صالحة من أجل تيار غازي نواتج احتراقه كلها غازية . في حالة كون نواتج الاحتراق بها نواتج صلبة (مثلا في الوقود المعتمد على نترات البوتاسيوم كمؤكسد) يجب تصحيح قيمة k لذلك لتصبح k2phase.(يجب فعل ذلك إذا كانت نسبة نواتج الاحتراق الصلبة تمثل أكثر من ١٠ % من نواتج الاحتراق الغازية).
- ❖ `R هو ثابت الغاز العالمي و يساوي : $R' = 8.3143$ N-m/mol-K
- ❖ M الوزن الجزيئي الفعلي لنواتج الاحتراق المتحصل عليه من تحليل برنامج كمبيوتري (أو أكثر تطورا من أجهزة القياس) . يجب الأخذ بعين الاعتبار كل الجزيئات الناتجة من الاحتراق.
- ❖ T0 هي درجة حرارة الاحتراق في غرفة الاحتراق . كذلك يمكن الحصول عليها من البرنامج الكمبيوتري. أو حسابيا بعد معرفة ووزن معادلة التفاعل (الاحتراق) .
- ❖ Pe هو ضغط التيار في نهاية النازل . غالبا ما يتم تصميم نازل يعطي قيمة ١,٣ بار .
- ❖ أقصى سرعة تصلها الغازات المنبعثة يكون عندما يكون Pe مساويا صفر . يكون ذلك في الفراغ ، فتصبح P0/Pe تساوي قيمة لانهائية.

- ❖ رفع ضغط الحجرة الاحتراقية لا يؤثر بشكل واضح في سرعة خروج الغازات حيث أنه إذا كان k=1.2 وجد أن مضاعفة P0 من ٣٥ بار إلى ٧٠بار (أي زيادة ١٠٠%) فإن سرعة خروج الغازات لا يزيد إلا بـ ٧% .
- ❖ درجة حرارة احتراق عالية ووزن جزيئي فعلي لنواتج الاحتراق منخفض لهما دور فعال في زيادة القوة الدافعة. (قد تؤثر في النازل العادي)
- ❖ التغير في k لا يؤثر كثيرا . فإذا تغير من ١,٢ إلى ١,١ تقل سرعة الغازات بـ ٧%.
- ❖ يجب تصميم مضيق نازل تكون سرعة جريان التيار فيه مساوية لسرعة الصوت في تلك الظروف أي M=1 و لا أكثر وإلا حصل اختناق للتيار shocked flow .

نسبة مساحة العنق إلى أي مساحة في القسم المتناقص في النازل Ax تحسب من المعادلات ٢و٣و٤و٧و١٢ كالتالي:

$$\frac{A^*}{A_x} = \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}} \left(\frac{P_x}{P_o}\right)^{\frac{1}{k}} \sqrt{\left(\frac{k+1}{k-1}\right)\left[1-\left(\frac{P_x}{P_o}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}$$

equation 13

و يمكن حساب مساحة المخرج بجعل ضغط المخرج Pe على ضغط المحيط Pa مساويا لواحد و بالتالي نعوض قيمة Pe بقيمة Px لنتحصل على التالي:

$$\frac{A^*}{A_e} = \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}} \left(\frac{P_e}{P_o}\right)^{\frac{1}{k}} \sqrt{\left(\frac{k+1}{k-1}\right)\left[1-\left(\frac{P_e}{P_o}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}$$

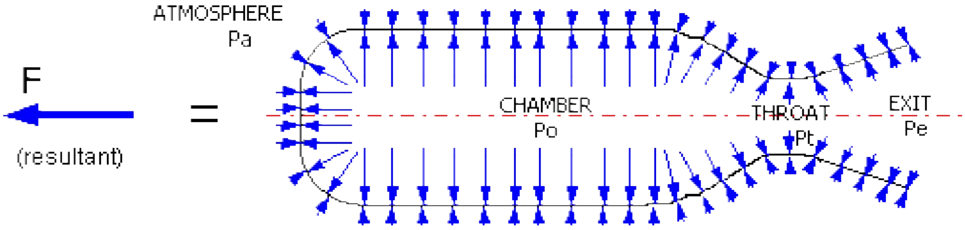
equation 14

القوة الدافعة

الدفع الذي يولده المحرك الصاروخي هو أكبر مقياس لكفاءة الصاروخ. تتولد القوة الدافعة Thrust بإخراج تيار غازي و نواتج احتراق عبر النازل في سرعة كبيرة جدا.

$$F = \int P\, dA = \dot{m}\, v_e + (P_e - P_a) A_e \qquad \text{equation } 1$$

وهي محصلة القوى العاملة في غرفة الاحتراق و النازل



يكون الضغط في الحجرة الاحتراقية في أعلى قيمة له و يقل و يتناقص في النازل . الضغط الجوي من خارج الصاروخ يكون متساويا في أي مكان منه.

$\dot{m}$ يسمى بال Mass flowrate وهو معدل سرعة توليد كتلة التيار ، v_e وهي سرعة خروج نواتج الاحتراق. A_e هي مساحة مخرج النازل.

عند الأخذ بعين الاعتبار أن التيار الجاري بانتظام (افتراضية الاحتفاظ بالكتلة)، فيمكن إعادة كتابة المعادلة السابقة كالتالي:

$$F = \rho^* A^* v^* v_e + (P_e - P_a) A_e \qquad \text{equation } 2$$

هذه المعادلة تتحول أخذا بعين الاعتبار الآتي :

– من نسبة الكثافة ρ_o / ρ (eqn. 7) حيث أن M=1

– كذلك قيمة v_e من المعادلة ١٢

– و القانون المثالي للغازات $P = \rho R T$

ليعطي لنا التالي:

$$F = A^* P_o \sqrt{\frac{2k^2}{k-1}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}\left[1-\left(\frac{P_e}{P_o}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} + (P_e - P_a) A_e$$

equation 3

القوة الدافعة لها علاقة مباشرة بمساحة العنق A^* .

كذلك ضغط الحجرة الاحتراقية تقريبا له علاقة مباشرة بالقوة الدافعة. هذا يعني إذا تضاعفت مساحة المضيق فإن القوة الدافعة تتضاعف (إذا تم تثبيت الضغط على نفس القيمة) . نفس الشئ إذا تم مضاعفة ضغط الحجرة الاحتراقية فإن القوة الدافعة تكاد تتضاعف. لكن في الواقع هذا ليس بالسهل حيث أن مضاعفة مساحة المضيق تعني تغيرا كبيرا في التصميم و مضاعفة الضغط يفرض علينا مضاعفة قوة حاوية الصاروخ.

معامل القوة الدافعة Cf : Thrust coefficient

$$F = C_f \; A^* \; P_o \qquad \text{equation 4}$$

معامل القوة الدافعة يحدد لنا الزيادة في القوة الدافعة بسبب تمدد الغازات في النازل مقارنة بالقوة الدافعة التي كان من الممكن توليدها من حجرة الاحتراق فقط و المضيق دون وجود باقي النازل (القسم المتناقص) . المعادلة ٤ مفيدة حيث أنه يمكننا معرفة قيمة **Cf** التطبيقية عن طريقها . يمكن معرفة مساحة المضيق و الضغط الأقصى للحجرة الاحتراقية و قيمة القوة الدافعة.

القيمة المثلى لـ **Cf** تحسب من المعادلة ٣و ٤ لتعطي لنا المعادلة ٥ كالتالي:

$$C_f = \sqrt{\frac{2k^2}{k-1}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}\left[1-\left(\frac{P_e}{P_o}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} + \frac{(P_e-P_a)\,A_e}{P_o \; A^*}$$

equation 5

يجب الأخذ بعين الاعتبار تصحيح قيمة k لتلك المعادلات إذا كانت نواتج الاحتراق بها غازات و دخان. برنامج GDL مثلا يعطي لنا كم يجب أن تكون هذه القيمة لكل وقود صاروخي .

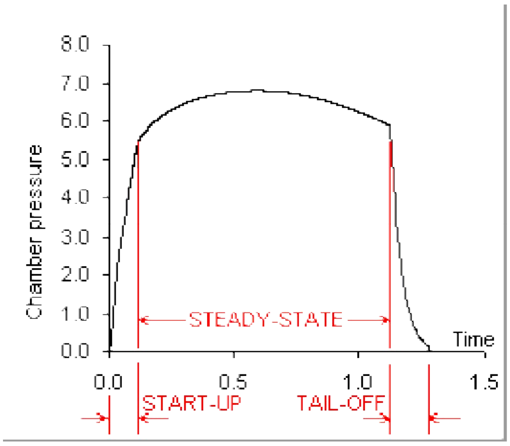
السرعة المميزة لانفلات الغازات المحترقة
C*
و الدفع النوعي Isp

سنرجئ الحديث عنها لاحقا في المفصل بالتفصيل

ضغط الحجرة الاحتراقية و مساحة الاحتراق

ضغط الحجرة الاحتراقية

المعرفة الدقيقة بالضغط الذي تولده حجرة احتراقية ما ، يعتبر من بين أهم عناصر النجاح في تصميم محرك صاروخي فعال. ليس فقط لضغط الحجرة الاحتراقية علاقة بسرعة الاحتراق و الدفع F و إنما يتعدى ذلك إلى حجرة الاحتراق ذاتها و مكوناتها. ما الذي يولد هذا الضغط في الحجرة الاحتراقية و كيف يمكننا حسابه ؟.



الضغط الناتج هو نتاج الاشتعال الحاصل داخل الحجرة الاحتراقية ، حيث تتسارع الغازات في الخروج عبر مضيق النازل . إذا كان المضيق ضيقا بما فيه الكفاية فإن خروج الغازات يتباطئ نوعا ما و تتجمع فيرتفع الضغط داخل حجرة الاحتراق مما يساعد عمل النازل في تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حركية.

هناك ثلاث مراحل للضغط في هذا المنحنى . مرحلة انتقالية حيث يزيد فيها الضغط و سرعة الاحتراق . مرحلة ثابتة (نقوم نحن بتصميمها) حيث يكون فيها الضغط في أقصى قيمة له . و المرحلة الانتقالية الأخيرة حيث ينتهي فيها استهلاك الوقود فيتناقص الضغط ببطء.

المرحلة الانتقالية الأولى : مرحلة الانطلاق تكون سريعة جدا يكون بعض الوقود في حالة احتراق و يكون هذا الاحتراق غير متزامن . الزمن الحقيقي لهذه المرحلة له علاقة مباشرة بكفاءة الصاعق الاشتعالي و نظام الإشعال إجمالا.

المرحلة الثابتة : واضح أنها أكثر المراحل تأثيرا في كفاءة المحرك . يجب معرفة أولا أن سرعة نواتج الاحتراق المولدة تساوي سرعة استهلاك الوقود و هو يساوي

$$\dot{m}_g = A_b \rho_p r$$

المعادلة ١

حيث أن ρp (RHO) هي كثافة الوقود ، أما Ab هي مساحة الوقود المعرضة للاحتراق . r هي سرعة الاحتراق . من المهم التنويه على أن نواتج الاحتراق تحتوي على غازات و نواتج صلبة أو مكثفة بحيث تظهر في شكل دخان . النواتج الغازية هي وحدها التي تساهم في الضغط . النواتج الصلبة تساهم فقط في القوة الدافعة (أي الكفاءة العامة) بسبب كتلتها و سرعتها.

نواتج الاحتراق تتشكل حسب المعادلة التالية :

$$\frac{dM_s}{dt} = \frac{d}{dt}(\rho_o \upsilon_o) = \rho_o \frac{d\upsilon_o}{dt} + \upsilon_o \frac{d\rho_o}{dt}$$ المعادلة ٢

حيث أن ρ0 هي كثافة الغازات الآنية في حجرة الاحتراق . v0 هي حجم الغازات الآنية (و التي تساوي حجم حجرة الاحتراق ناقص حجم المادة المتبقية للاحتراق)

التغير في حجم الغازات بدلالة الزمن يساوي التغير في استهلاك حجم الوقود و يساوي : d□o/dt = Ab r أي أن Ab هنا مساحة الاحتراق بدلالة الزمن أي بعد انقضاء الزمن tn . وهذا يؤدي بعد التعويض إلى :

$$\frac{dM_s}{dt} = \rho_o A_b r + \upsilon_o \frac{d\rho_o}{dt}$$ معادلة ٣

سرعة استهلاك النواتج محدودة كما ذكر سابقا و إلا حصل Chocked flow (تيار مختنق مصدوم) و لا يسمح بسرعة غازات أكبر من M=1 سرعة الصوت المحلية في ذلك الموضع و تكون تساوي واحد . وهذا يسمح لنا بتحديد سرعة جريان التيار عبر النازل و بالضبط في المضيق

$$\dot{m} = \rho^* v^* A^*$$

$$\frac{\rho_o}{\rho} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{k-1}}$$

و من المعادلات السابقة

$$a = \sqrt{kRT} \qquad M = \frac{v}{a}$$

$$\frac{T_o}{T} = 1 + \frac{k-1}{2} M^2$$

نجد

$$v^* = \sqrt{\frac{2k}{k+1} R T_o}$$

و من القانون المثالي للأحجام

$$P = \rho R T$$

بعد التعويض نجد :

$$\dot{m} = \frac{P_o}{R\,T_o} \frac{\sqrt{\frac{2k}{k+1} R\,T_o}}{\left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}}} A^*$$

ثم نعيد ترتيب هذه المعادلة لنجد أخيرا:

$$\dot{m}_n = P_o A^* \sqrt{\frac{k}{R\,T_o}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

المعادلة ٤

$\dot{m}$ تمثل سرعة خروج كتلة الغازات عبر المضيق أي هي نفسها التي خرجت من النازل . مبدأ المحافظة على الكتلة يحتم علينا موازنة الكتلة بين سرعة توليد الكتلة و المجموع مابين سرعة الكتلة الغازية الخارجة من حجرة الاحتراق و الباقية فيها . أي يمكن أن نقول أن سرعة خروج الكتلة الغازية المولدة في حجرة الاحتراق ككل تساوي سرعة الكتلة الغازية الخارجة من المضيق + سرعة تولد الكتلة الغازية الآنية الباقية في حجرة الاحتراق.

$$\dot{m}_g = \frac{dM_s}{dt} + \dot{m}_n$$

العادلة ٥

نعوض المعادلة ١ و ٣ بما يساويهما في المعادلة ٥ لنجد :

$$A_b\, \rho_p\, r = \rho_o A_b r + \upsilon_o \frac{d\rho_o}{dt} + \dot{m}_n$$

المعادلة ٦

سرعة الاحتراق المعادلة ٧ $r = a\, Po^{\,n}$

حيث أن a معامل سرعة الاحتراق و n أس الضغط لسرعة الاحتراق ، نعوض ٤ و ٧ في ٦ لنجد :

$$A_b\, \rho_p\, a\, P_o^{\,n} = A_b\, \rho_o\, a\, P_o^{\,n} + \upsilon_o \frac{d\rho_o}{dt} + P_o A^* \sqrt{\frac{k}{R\,T_o}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

المعادلة ٨

من قانون الأحجام نعوض :

$$\frac{d\rho_o}{dt} = \frac{1}{R\,T_o} \frac{dP_o}{dt}$$

المعادلة ٩

طالما درجة حرارة الحجرة الاحتراقية T0 ليس لها علاقة بضغط الغرفة ، يمكننا هنا إعادة كتابة المعادلة ٨ كالتالي :

$$\frac{\upsilon_o}{R\,T_o}\,\frac{dP_o}{dt} = A_b\, a\, P_o^{\,n}\left(\rho_p-\rho_o\right) - P_o\, A^*\sqrt{\frac{k}{R\,T_o}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}}$$

المعادلة ١٠

تسمح لنا المعادلة ١٠ بحساب التغير في الضغط (dPo/ dt) بدلالة الزمن و في الفترة الانتقالية . أما حين يصل الضغط إلى المرحلة الثابتة بكون خروج الغازات ثابتا مع ثبات الاحتراق منه يكون dPo/ dt =0 أي لا تغير في الضغط ، منه الجانب الأيسر للمعادلة ١٠ يساوي صفر ، و لهذا في حالة الضغط الثابت يكون :

$$P_o = \left[\frac{A_b}{A^*}\,\frac{a\,\rho_p}{\sqrt{\frac{k}{R\,T_o}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{(k-1)}}}}\right]^{\frac{1}{(1-n)}}$$

المعادلة ١١

نلاحظ أن كثافة نواتج الاحتراق هنا صغيرة مقارنة بكثافة الوقود ، فتم التغاضي عنها للتسهيل.و لذلك فإن المعادلة ١١ بمساعدة المعادلة ٧ مع جعل Kn = Ab /A*

ثم مع العلم أن : $c^* = \sqrt{\frac{R\,T_o}{k\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}}$ منه، يمكننا إعادة صياغة المعادلة ١١ إلى :

$P_o = K_n\, \rho_p\, r\, c^*$ **المعادلة ١٢** . حيث r سرعة الاحتراق عند الضغط P0 .

الحالة الثالثة و الأخيرة حيث ينتهي الوقود ، أو في الواقع تبقى بقايا قليلة لا تساهم في الدفع منه Ab = 0 تصبح المعادلة ١٠ كالتالي :

$$\frac{\upsilon_o}{R\,T_o}\,\frac{dP_o}{dt} = -\frac{P_o\,A^*}{c^*}$$

المعادلة ١٣

معادلة التفاضل تحل بالطريقة التالية إلى المعادلة١٤

$$P_c = P_{bo}\exp\left(\frac{R\,T_o\,A^*}{\upsilon_o\,c^*}\,t\right)$$

حيث أن Pbo ضغط الحجرة الاحتراقية في المرحلة النهائية و في الزمن t . بالاضافة إلى رواسب لم تحترق (يحاول المصمم تجنب قدر الإمكان كميتها) ، لأنه يتجمع الخبث في العنق و يضيقه ليجعل المرحلة النهائية أكثر تباطؤا.

الان سيتم الحديث بالتفصيل

تصميم النظام الصاروخي يعمل بالوقود الصلب

أول خطوات التصميم تحتم علينا تحديد الكفاءة و الوظيفة اللازمتين و المطلوبين من الصاروخ . هذه الخطوة تحدد العلاقة بين متطلبات الكفاءة و الخصائص الفيزيائية للصاروخ .

المحركات: الوظيفة الأساسية للمحرك الصاروخي هي تسريع الصاروخ و الكتلة النافعة إلى المدى المطلوب . القيم الممكن التعامل معها في هذا الطور من التصميم هي : القوة الدافعة العامة ، مضيق النازل ومساحته ، مساحة مخرج النازل ، كتلة المحرك الصاروخي ، ضغط الحجرة الاحتراقية ، سرعة الاشتعال و زمن احتراق الوقود . يمكن أخذ بعض القيم من نماذج جاهزة .

الكتلة النافعة : توجد علاقة مابين الكتلة النافعة (الرأس الحربي) و باقي وزن الصاروخ . يتم التطرق إلى دقة الإصابة و كفاءة التدمير وقابلية التدمير للهدف في هذا الطور من الدراسة بشكل عام ليسمح لنا بتحديد حجم ، نوع و عدد الرؤوس الحربية . يمكن اعتبار الرأس الحربي من بين : رأس حربي متشظٍّ ، مخترق للهدف بالطاقة الميكانيكية أو بالتوجيه في الانفجار ... كما أنه في هذا الطور من التصميم يتم التطرق إلى نظام التأمين و التسليح و التفجير . كما أنه يمكن انتخاب صاعق تفجيري سريع جدا أو تأخيري أو ينفجر بالقرب من الهدف .

الدفع : يحتاج الصاروخ إلى دفع عال و تسارع كبير جدا ، خاصة في فترة التعزيز. تم استعمال في المجال الصاروخي نوعين من الوقود الدافع الصلب ؛ ثنائي القاعدة و الوقود المركب ؛ أما المركبات الحديثة فتستعمل روابط تحتوي في نفسها على طاقة. غالبا ما يحتوي الوقود المركب على مؤكسد ذي جزيئات بأحجام دقيقة جدا و وبودرة عنصر معدني ووقود عضوي يؤدي دور الرابط البوليميري و كذلك يحتوي على مركبات أخرى لتسريع الاحتراق و لزيادة كثافة الوقود و تضخيم القوة الدافعة النوعية وزيادة مدة الاحتراق قدر الإمكان . يجب الأخذ بعين الاعتبار ما إذا كان الوقود الصاروخي يولد دخانا كثيفا أم لا ، رخيص أو غال ، المواد الداخلة في تصنيعه متوفرة أو يمكن تصنيعها ، وهل تحتاج الحجرة الاحتراقية إلى حماية أو لا ؟

الديناميكا الهوائية:

في هذه المرحلة يجب الربط فيما بين مكونات الديناميكا و الدقة و كفاءة الصاروخ . هدفنا هنا هو انتخاب مكونات الصاروخ التي تزوده بطيران ثابت مع أقل كبح هوائي وممانعة ممكنة ، مع بقائه غير حساس للاضطرابات الخارجية . و لمعرفة مقدار مقاومة الهواء أثناء الطيران للصاروخ كله ، يجب التعرف بدقة علىكل قطعة من قطعات الصاروخ الخارجي . تتكون مقاومة الهواء من ثلاثة

أنواع الأولى drag wave وهي مجموع قوى ضاغطة على كل مساحة الصاروخ إلا قاعدة الصاروخ . الثانية skin friction drag وهي المقاومة الناتجة عن احتكاك الصاروخ بالهواء . أما الثالثة فهي base drag مقاومة الهواء في قاعدة الصاروخ . مقاومة الهواء من أكثر العوامل المؤثرة على دقة الصاروخ و كفاءته أثناء **الطيران الحر** . التقليل قدر الإمكان من هذه المقاومة له بالغ الأهمية بالنسبة للصواريخ غير الموجهة ذاتيا حيث أن الطيران الحر زمنه أكبر من الطيران المدفوع .

مقاومة الموجة الهوائية wave drag تعمل على كل من مقدمة الصاروخ، جسم الصاروخ و أجنحته . أما بالنسبة لمقدمة الصاروخ فتزيد هذه المقاومة أو تنقص حسب شكل المقدمة المختار عند التصميم وعلاقة ذلك مباشرة بسرعة الصاروخ المخطط له (العدد الماخّي MACH) .

أما ثباتية الصاروخ في مساره فنقول عن صاروخ ما أنه ثابت أثناء الطيران عندما يستطيع أن يصحح مساره و اتجاهه الأصلي بنفسه عندما تؤثر على جوانبه مؤثرات خارجية خفيفة . نستطيع الحصول على هذا الاستقرار بجعل محصلة قوى الضغط Center of pressure خلف مركز ثقل الصاروخ بمسافة تقدر بقطر الصاروخ ذاته من ١-٢ . مثلا كأن نصمم مكان مركز قوى الضغط في صاروخ قطره ١٥سم على بعد من مركز الثقل بـ١٥-٣٠ سم .

الديناميكا : في علم الصواريخ نعني بها تحليل المسار و تحدد بالقوة الدافعة المولدة من طرف المحرك و القوة المولدة عن طريق الجاذبية الأرضية وكذلك خصائص القصور الذاتي INERTIA CHARA. (قوة الاستمرار على وضع ما) و القوى الحاصلة من ممانعة الهواء. غالبا ما نستعمل في هذا المستوى من الصواريخ برامج كمبيوترية للمحاكاة و تجريب ذلك مخبريا بالـ WIND TUNNEL. تتم الاستفادة من كل ذلك من أجل حساب مقدار التشتت و الخطأ في إصابة الهدف .

<u>الدقة في الإصابة ACCURACY:</u> تؤدي أخطاء معينة إلى خطأ في الإصابة، من بين الأخطاء الناجمة من الاحتراق .

– التغير في القوة الدافعة العامة و يكون ذلك خطأ في تقدير كتلة الوقود ، أو في مساحة المضيق ويؤدي ذلك إلى خطأ في السرعة اللازمة و بالتالي خطأ في إصابة الهدف .

– التصفيف الخاطئ في القوة الدافعة أي محور التجويف الداخلي لا يوازي المحور الطولي للصاروخ . ومن بين الطرق لتجنب هذا الخطأ إذا تعذر التصنيع المتقن أن نجعل الصاروخ يدور حول محوره الطولي ٢٠دورة /ثا إذا لم يكن مزودا بأجنحة .

هيكل الصاروخ : يجب الأخذ بعين الاعتبار أن تكون كتلة هيكل الصاروخ أقل ما يمكن بحيث يتحمل الضغط والحرارة الواقعة في الحجرة الاحتراقية و تحمل ظروف أخرى مثل النقل و التعامل مع الصاروخ من قبل الجنود و ظروف التخزين.

القدرة على الأداء PERFORMANCE

يتم دراسة مقادير القدرة على الأداء لصاروخ ما في المراحل الأولى للتصميم لأنها تسمح لنا بالإجابة عن سؤال مهم جدا وهو : ما هي الحمولة النافعة (القنبلة) المراد حملها من الموقع أ إلى الموقع ب ؟. وكم هي سرعة خروج الغازات اللازمة لحمل هذه الحمولة ؟.

المعطيات اللازمة هي: كتلة الصاروخ الأولية ، سرعة استهلاك الصاروخ ، زمن احتراقه و نسبة معامل مقاومة الهواء على رقم الماخ . يتم حساب VB

$$V_B = \sqrt{\frac{Rg_0}{\sin(2QE)}} \quad , m/s$$

و هي سرعة خروج الغازات عندما ينتهي الوقود كله و في عدم وجود مقاومة الهواء و القوة المتعلقة بالجاذبية . و يتم إحراء حسابات تقريبية عن الفقد في السرعة بسبب مقاومة الهواء و قوة الجاذبية بعد حساب VB ، ويتم تسميتها بـ V.BOOST السرعة المفقودة أثناء الطيران المدفوع ، V.COAST هي السرعة المفقودة أثناء الطيران الحر ، V.GRAV السرعة المفقودة بسبب تسارع الجاذبية . و بالتالي السرعة اللازمة عند انتهاء الوقود تحسب كالتالي :

$$V_{prop} = V_B + \Delta V_{boost} + \Delta V_{coast} + \Delta V_{grav}$$

حيث أن V.PROP هي السرعة اللازمة لتخطي مقاومة الهواء بأنواعه و المقاومة الناتجة عن تسارع الجاذبية .

اعتبارات الديناميكا الهوائية

أكبر مقاومة و إعاقة تحصل للصاروخ تأتي من مقاومة القوى الديناميكية الجوية. ويمكن أن تؤثر بشكل واضح في الطاقة الدافعة اللازمة لإيصال الرأس الحربي إلى الهدف و المدى اللازمين .

تحديد احتياجات السرعة

الصواريخ المطلقة بشكل غير مباشر: توجد علاقة مباشرة بعد انتهاء الوقود ما بين معامل القذف B (قيمة تحدد نقصان تأثير المقاومة) و سرعة خروج الغازات في مرحلة الدفع . كلما كانت B كبيرة كلما نقصت الحاجة إلى قيمة كبيرة لـVB لتوصيل الحمولة اللازمة بزاوية إطلاق ٤٥ درجة إلى المدى المطلوب .

سرعة خروج الغازات في مرحلة الدفع تساوي :

$$V_B = \sqrt{\frac{Rg_0}{\sin(2QE)}} \quad , m/s$$

R هي المدى مابين القاذف و الهدف بالمتر.

g تسارع الجاذبية .

QE زاوية الإطلاق تحسب بالدرجة .

هذه المعادلة مستعملة لغاية مدى ٥٠٠ كم . حيث يمكن تقبل أن الأرض مستوية.

الفقدان في السرعة بسبب مقاومة الهواء أثناء الطيران الحر تحسب كالتالي :

$$\Delta V_{coast} = \int_{t_{bo}}^{t_{imp}} \left(\frac{C_{D_C}\, q\, A_{ref}}{m_{bo}} \right) dt,\ m/s$$

يمكن إعادة كتابتها :

$$\Delta V_{coast} = \frac{1}{B_{bo}} \int_{t_{bo}}^{t_{imp}} \left(\frac{C_{D_C}\, q}{C_{D_{bo}}} \right) dt,\ m/s$$

حيث أن :

$$B_{bo} = \frac{m_{bo}}{C_{D_{bo}}\, A_{ref}},\ kg/m^2$$

t_{bo} الزمن اللازم لاستهلاك جميع الوقود.

t_{imp} الزمن اللازم المنتهي مع انتهاء الطيران باصطدام الصاروخ بالهدف impact.

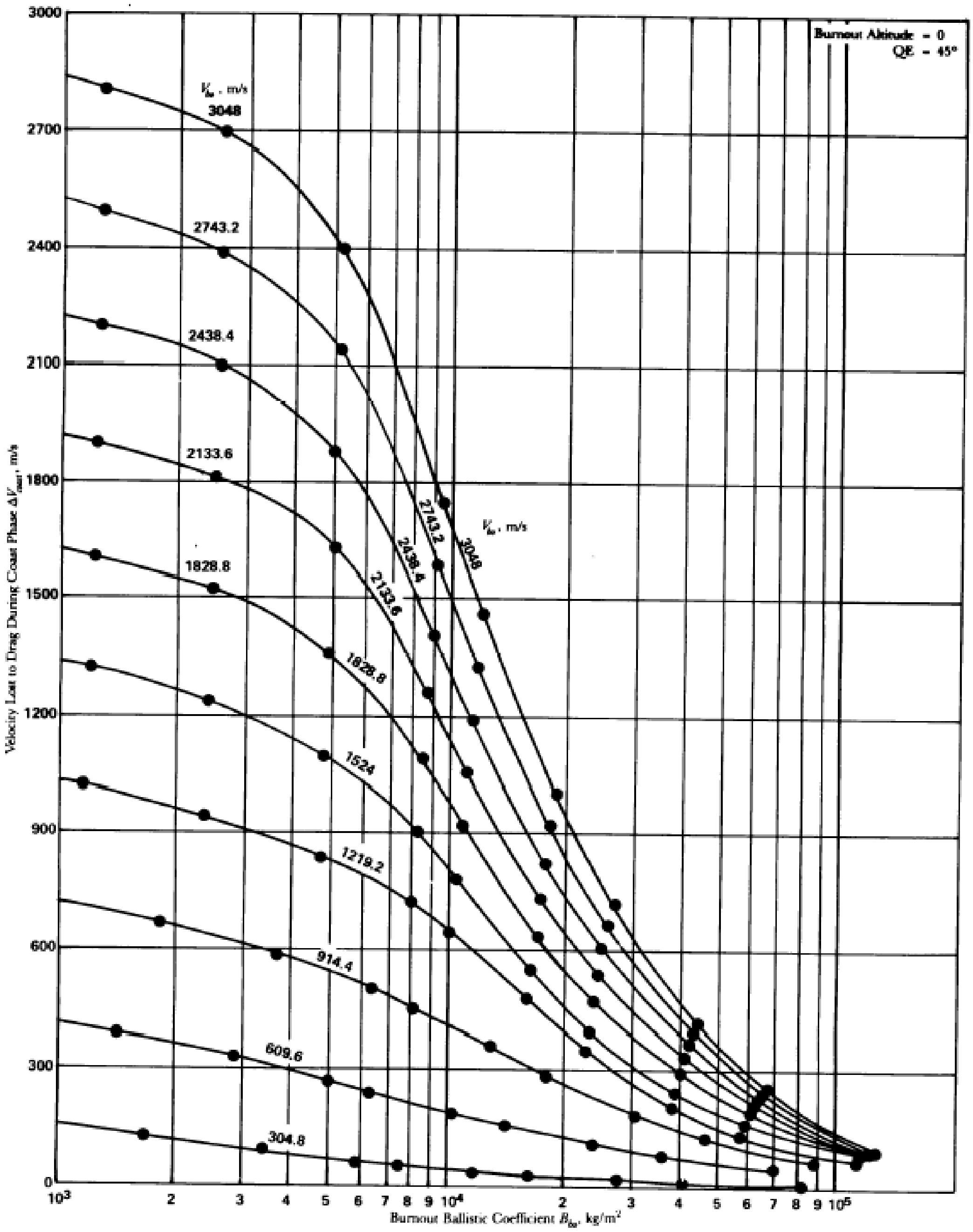
C_{D_C} المقاومة أثناء التحليق الحر.

$C_{D_{bo}}$ المقاومة مباشرة بعد انتهاء الدفع بالوقود (انتهاء الوقود من الاحتراق) .

q الضغط الديناميكي الآني بال pa .

A_{ref} دليل مساحة الصاروخ بالمترمربع.

m_{bo} كتلة الصاروخ بعد انتهاء المحرك من الاحتراق Kg.



الشكل -١-

يظهر لنا الشكل -١- بالنسبة لصاروخ عيار ١٣٠ ملم أن قيمة معامل القذف لديه (قيمة تحدد نقصان تأثير المقاومة) تساوي ١٠٠٠٠ كغ/م مربع فإنه يفقد تقريبا نصف سرعة الصاروخ الناتجة عن الدفع نتيجة للمقاومة الحاصلة . مثلا المنحنى بسرعة ١٥٢٤م/ثا بقيمة B تساوي ١٠٠٠٠ يصبح الفقدان في السرعة يساوي ٨٠٠ م/ثا . فيمكن أن تقلل مقاومة الهواء المدى

بـ٥٠-٧٠ % . و ذلك أثناء التحليق الحر . كذلك فإنه أثناء مرحلة الدفع فإننا نفقد سرعة بسبب مقاومة CD_{bo} .

$$\Delta V_{boost} = 1/B_{bo} \int f(K)dt.$$

$$\frac{\Delta V_{boost}}{t_{bo}} = f(B_{bo}, Gt_{bo}), m/s^2$$

ΔV_{boost} : الفقدان في السرعة بسبب المقاومة أثناء مرحلة الدفع m/s.

$G = F_b/(m_i g_0)$ التسارع الابتدائي للصاروخ.

t_b زمن احتراق المحرك.

$$B_{bo} = \frac{m_{bo}}{(C_{D_B})_{bo} A_{ref}}$$

أما السرعة المفقودة بسبب تسارع الجاذبية فهي :

$$\Delta V_{grav} = g_0 t_b \sin(QE), m/s$$

t_b هو زمن احتراق الوقود . و منه التغير في السرعة أو بالأحرى السرعة اللازمة لتخطي هذه المقاومات بحيث تصبح :

$$V_{prop} = V_B + \Delta V_{coast} + \Delta V_{boost} + \Delta V_{grav}, m/s.$$

وهذا بالنسبة للرماية غير المباشرة.

الرماية المباشرة للصاروخ :

السرعة اللازمة بدون تعرض الصاروخ إلى مقاومة الديناميكا الهوائية هي :

$$V_B = \frac{R}{t_t - (t_b/2)}, m/s$$

t_t هو الزمن المفترض للوصول إلى الهدف Target

الفقدان في السرعة بسبب مقاومة الهواء أثناء الطيران الحر هو :

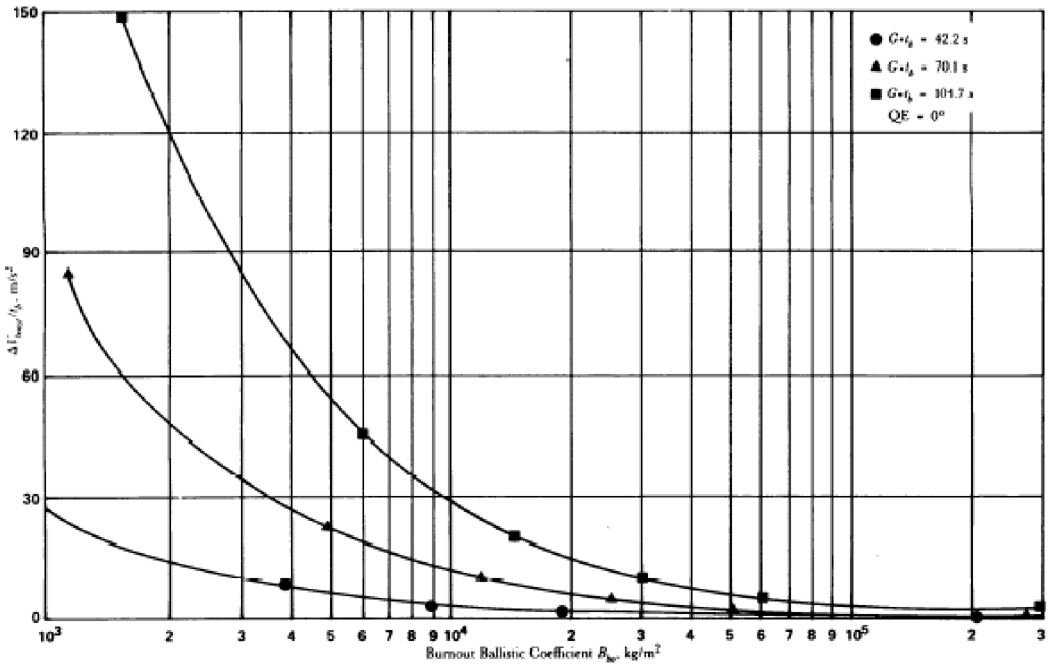
$$\Delta V_{coast} = V_B\{1 - \exp[-\rho_0 R/(2B_{bo})]\}, m/s$$

حيث أن V_B هي السرعة اللازمة لقطع تلك المسافة دون مقاومة الهواء

ρ_0 كثافة الجو عند مستوى البحر وتساوي ١,٢٢٥٠ كغ /م٣

R المدى الذي يحلقه الصاروخ بعد انتهاء مرحلة الدفع

الفقدان في السرعة أثناء مرحلة احتراق الوقود من أجل صاروخ مرمي مباشرة على الهدف (رماية مباشرة)



الشكل –٢–

انظر الشكل –٢– مع زاوية إطلاق تساوي صفر . إلا أنه يكفي رفع القاذف بضعة درجات لتفادي النقصان في السرعة بسبب الجاذبية ، و بالتالي فإن السرعة اللازمة هي:

$$V'_{prop} = V'_B + \Delta V'_{coast} + \Delta V'_{boost}, \text{ m/s.}$$

الرماية العمودية للصاروخ :

السرعة اللازمة بدون مقاومة الهواء تساوي :

$$V'_B = \sqrt{2g_0 H_{max}}, \text{ m/s}$$

H_{max} الارتفاع الأقصى الممكن الوصول إليه دون مقاومة الهواء.

الفقدان في السرعة بسبب مقاومة الهواء موضحة في الشكل –٣– أثناء الطيران الحر.

أما السرعة المفقودة أثناء الطيران المدفوع مبينة في الشكل –٤–

$$\Delta V_{grav} = g_0 t_b \sin(QE), \text{ m/s}$$

حيث أن QE زاوية الإطلاق هنا تساوي ٩٠ درجة منه

السرعة القصوى اللازمة للصاروخ مع المقاومات تساوي :

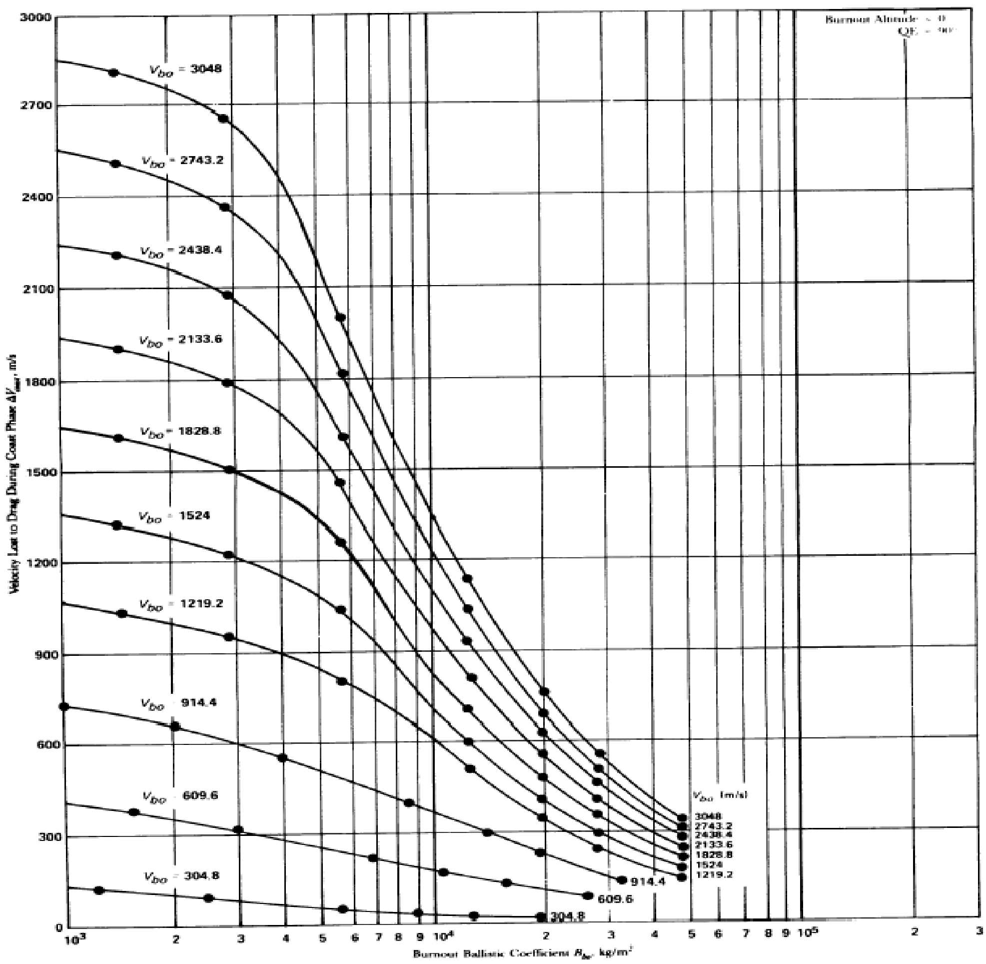
$$V_{prop} = V_B + \Delta V_{coast} + \Delta V_{boost} + \Delta V_{grav}, \text{ m/s.}$$

رماية الصاروخ جو / أرض

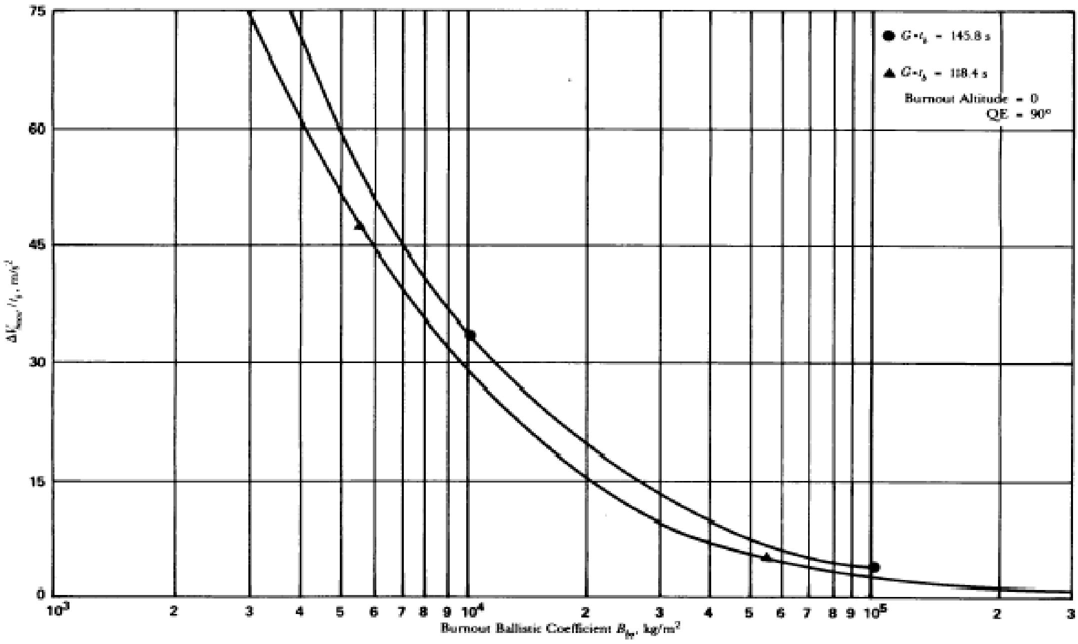
تشبه الصواريخ المرمية مباشرة على الهدف من على الهليكوبتر أو الطائرة . ارتفاع الرماية غالبا لا يتعدى ٢ كم . منه VB اللازمة يمكن حسابها من VB للرماية المباشرة ، إلا أن R هنا هو البعد المباشر بين الرامي و الهدف في الجو . يمكن حساب فقدان السرعة في الطيران الحر من نفس معادلة الرماية المباشرة حيث كذلك R هنا تساوي البعد بين الرامي و الهدف .

غالبا ما تكون هذه الصواريخ مداها لا يزيد عن ٨كم . رغم أن كثافة الجو عبر هذه المسافة و الارتفاع تتفاوت فإن الاختلاف يكون غير مؤثر على النتيجة، يمكن قراءة فقدان السرعة أثناء الطيران الحر من الشكل -٥- . تأثير الجاذبية يعطي زيادة بسيطة في السرعة.

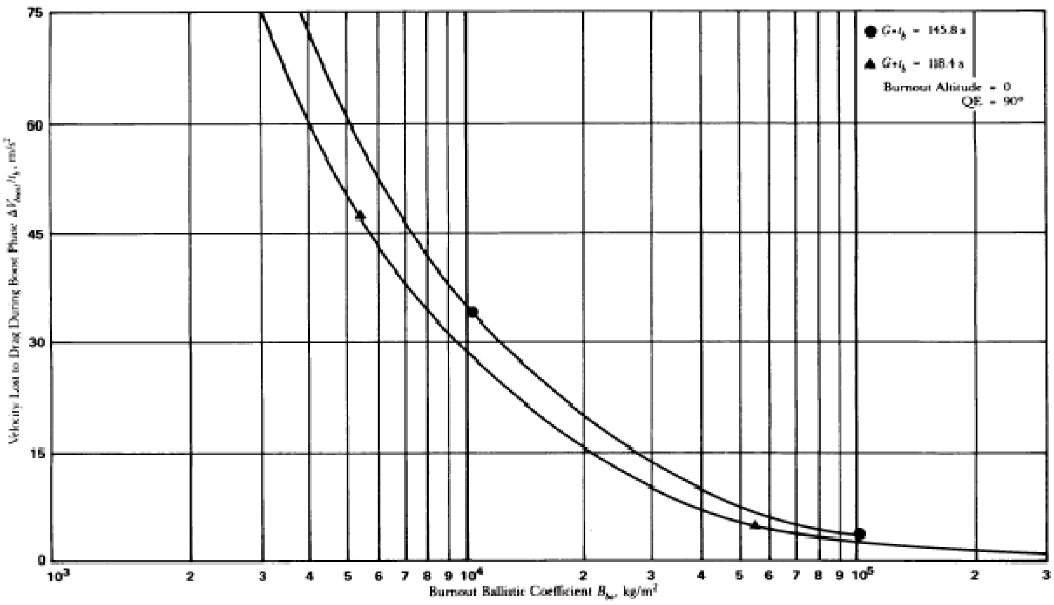
$$\Delta V_{grav} = g_0 t_l \sin(QE),\ m/s$$



الشكل -٣-



الشكل -٤-



الشكل -٥-

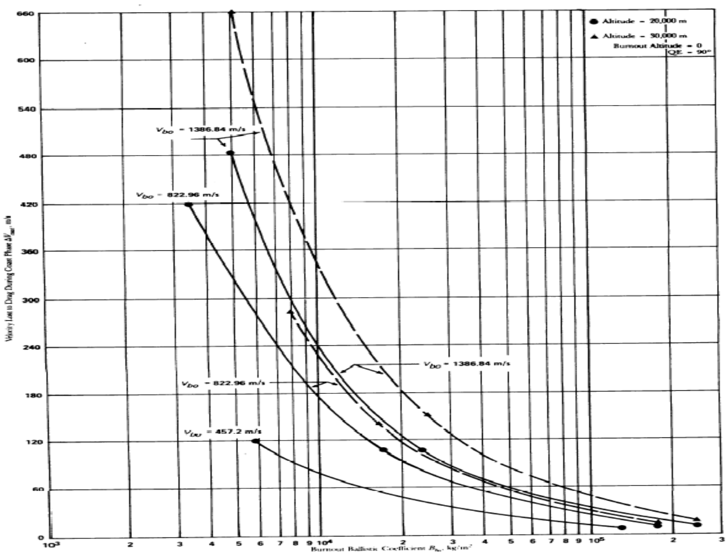
حيث أن :

t_t هو الزمن لإصابة الهدف

منه السرعة المطلوبة هي

$$V_{prop} = V_B + \Delta V_{coast} + \Delta V_{boost} - \Delta V_{grav}, \text{ m/s.}$$

ملاحظة : هنا تكون المعادلة صحيحة من أجل سرعة القاذف تساوي صفر أي الهليكوبتر . أيّ سـرعة للأمـام تقلـل مـن السرعة العامة المطلوبة.



<u>**الصواريخ أرض / جو**</u>

السرعة اللازمة بدون مقاومة الهواء تساوي :

$$\frac{+ (g_0/2)(t_{alt} - t_b)^2}{t_{alt} + (t_b/2)}, \text{ m/s}$$

H تساوي الارتفاع المطلوب

t_{alt} الـزمن الـلازم للوصـول إلـى الارتفاع المطلوب

ΔV_{coast} يمكن حسابها من الشكل -٦- المقابل

ΔV_{boost} يمكن حسابها كذلك من الشكل -٥-

$$\Delta V_{grav} = g_0 t_t \sin(QE), \text{ m/s}$$

$$V_{prop} = V_B + \Delta V_{coast} + \Delta V_{boost} - \Delta V_{grav}, \text{ m/s.}$$

<u>**تحديد مطالب المحرك الصاروخي**</u>

تعرفنا على كيفية حساب السرعة اللازمة V_{prop} لأداء مهمة ما ، وهذه القيمة لديها علاقة بكتلة الرأس الحربي و كتلة الصاروخ عند احتراق الوقود الصاروخي بالكامل ، حجم الصاروخ ، خصائص مقاومة الهواء ونوع المسار .سيتم الأخذ بعين الاعتبار أن كل ما يأتي فوق المحرك الصاروخي يمكن أن يدخل تحت " كتلة الحمولة النافعة " m_{pld} ، و غير ذلك يندرج تحت كتلة المحرك m_m و ذلك للتسهيل . العلاقة بين السرعة اللازمة المثالية V_{ideal} و كتلة الصاروخ معطاة بـ:

$$V_{ideal} = g_0 I_{sp} \ln \frac{m_0}{m_0 - m_p}, \text{ m/s}$$

أو

$$V_{ideal} = g_0 I_{sp} \ln(r_b), \text{ m/s}$$

m_0 كتلة الصاروخ عند الاشتعال ، كغ

m_p كتلة الوقود المحرك المستعمل ، كغ

$r_b = m_0/(m_0 - m_p)$ نسبة

نلاحظ عدم تدخل المقاومات لأنها سرعة مثالية .

بالاستفادة من I_{sp} (الدفع النوعي) و r_b يمكن أن نستخلص المعادلة التالية:

$I_{sp} = F_B/(\dot{m}g_0), s^*$ و من هذه نستخلص :

$$\dot{m} = m_p/t_b, \text{kg/s.}$$

لدينا $\dot{m}$ سرعة استهلاك الوقود ، و لهذا كتلة الصاروخ بعد الإشعال و بعد t يمكن معرفتها بالمعادلة : $m = m_0 - \dot{m}t, \text{kg}$ أو $m = m_0 - m_p t/t_b, \text{kg.}$

كتلة الوقود معرفة على أنها m_p و تستعمل لإيجاد معامل هام وهو PMF

$$PMF = \frac{m_p}{m_0 - m_{pld}},$$

وهي نسبة كتلة الوقود على باقي كتلة الصاروخ دون الكتلة النافعة

كذلك من العوامل المهمة عامل التزايد growth factor Q

و المعرف على أنه نسبة كتلة الصاروخ إلى كتلة الرأس الحربي

$$Q = \frac{m_0}{m_{pld}} = \frac{r_b(PMF)}{1 - r_b[1 - (PMF)]}$$

وهذا العامل يوضح لنا كم يجب أن يتزايد صاروخنا في الكتلة ليتكيف مع الزيادة في كتلة الرأس الحربي . و إذا عُلمت نسبة التسارع الابتدائي G بإمكاننا معرفة قيمة الدفع

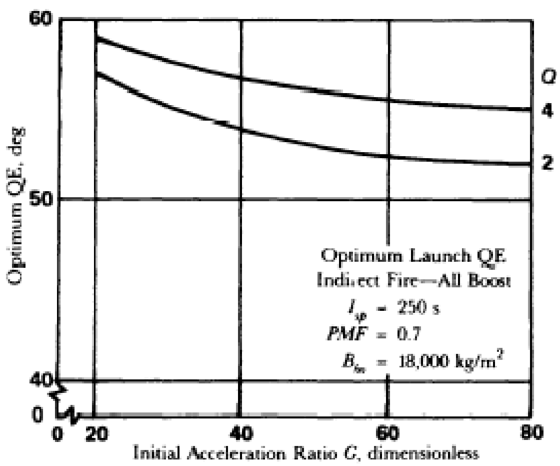
$$F_B = G m_0 g_0, \text{ N.}$$

سرعة استهلاك الوقود يمكن حسابها $\dot{m} = F_B/(I_{sp}g_0), \text{kg/s}$

وكذلك زمن الاحتراق $t_b = m_p/\dot{m}, \text{s.}$

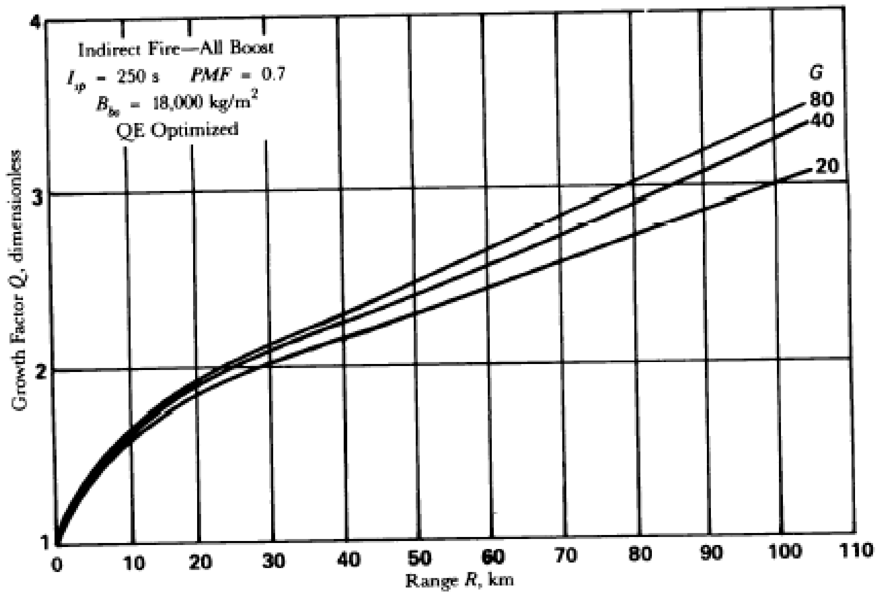
<u>طرق الرماية و البيانات المتعلقة بها</u>

يشبه مسار الصاروخ قطعا مكافئا Parabola بزاويا إطلاق من ٤٥ إلى ٦٠درجة من أجل الحصول على مدى أقصى .



يبين الشكل المقابل تأثير التسارع الابتدائي G و معامل التزايد على زاوية الإطلاق للحصول على المدى الأقصى مع ثوابت قيمة I_{sp} PMF B_{bo} . منه إذا كان G منخفضا فإننا نحتاج إلى زاوية إطلاق عالية لنحضى بمدى أقصى . مقدار عال من Q

كذلك يستلزم زاوية إطلاق QE كبيرة و يبين لنا الشكل التالي:



أنه توجد علاقة بين Q و المدى R مع أخذ أفضل قيمة QE مع تثبيت القيم I_{sp} PMF B_{bo}. يمكننا تسجيل أن تسارعا منخفضا يمكّننا من إدارة الطاقة بشكل أكثر فاعلية لأنه يسمح بتزايد بطيء Q و في أي مدى . و عند دراسة هذا المنحنى يتبين لنا زيادة واضحة في المدى بزيادة بسيطة في كتلة الوقود الصاروخي فمثلا عامل تزايد Q =٢ لمدى ٣٠كلم بينما زيادة بـ ٢٥% في كتلة المحرك (زيادة Q من ٢ إلى ٢,٥) يتضاعف المدى إلى ٦٠كلم . و قد تم الاستنتاج أنه كلما زادت قيم I_{sp} PMF B_{bo} أو G يعطي انخفاضا في كتلة الصاروخ و بالتالي الزمن اللازم للوصول بنفس الرأس المتفجرة إلى الهدف.

نستعمل زاوية إطلاق ٨٥درجة عند إطلاق صاروخ عموديا . نستعمل صاروخا بطابق واحد لمديات أقل من ٤٠ كلم مع إطلاق عمودي.

مثال : يبين هذا المثال منهجية الاستفادة من المعادلات السابقة .

المطلوب إيصال كتلة m_{pld} قدرها ٤٠٠كغ إلى مدى ٣٠كلم

المفترض :

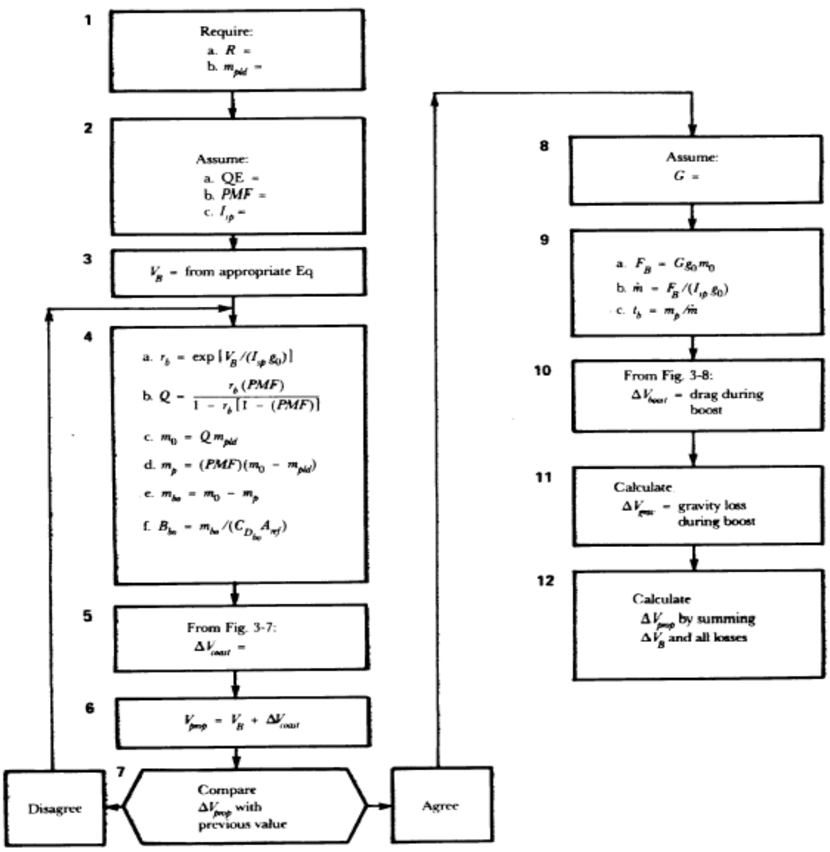
QE = 45 deg
PMF = 0.7
I_{sp} = 250 s
g_1 = 9.80665 m/s².

باستعمال QE المفترض نتحصل على V_1

حساب سرعة الصاروخ بعد انتهاء الاحتراق اللازمة لإيصال حمولة نافعة وزنها ٤٠٠ كغ (هي كتلة الصاروخ الإجمالية ناقص كتلة المحرك الصاروخي) إلى الهدف الذي يبعد حوالي ٣٠كلم .

$$V_{prop} = V_B + \Delta V_{boost} + \Delta V_{coast} + \Delta V_{grav}$$

حيث أن V_{prop} تعني السرعة الكلية اللازمة مع وجود كبح الهواء و تأثير الجاذبية تحسب بالمتر في الثانية .V_B هي السرعة الكلية اللازمة دون أخذ كبح الهواء و تأثير الجاذبية بعين الاعتبار أي كأن الصاروخ يطير في الفضاء و تحسب بالمتر في الثانية. ΔV_{boost} أي السرعة المفقودة أثناء الدفع Boost تحسب و تضاف إلى السرعة الإضافية اللازمة ، السرعة المفقودة بسبب الجاذبية يجب أن تضاف إلى السرعةV_B . ΔV_{coast} هي السرعة المفقودةCoast بسبب التأثيرات المذكورة سابقا أثناء الطيران الحر للصاروخ. ΔV_{grav} هي السرعة المفقودة بسبب الجاذبية يجب أن تضاف إلى السرعةV_B .



تحسب السرعة V_B كالتالي:

$$V_B = \sqrt{\frac{R g_0}{\sin(2QE)}} \quad , m/s$$

حيث أن R هي المدى المطلوب و تساوي هنا ٣٠كلم (٣٠*١٠٠٠م) ، و أن QE تعني زاوية الإطلاق نأخذ هنا قيمة ٤٥درجة.

بعد تعويض القيم R بـ ٣٠٠٠٠م و g بالـ ٩,٨٠٦٦٥ وهي قيمة تسارع الجاذبية (تؤخذ القيمة الصحيحة حسب البلدان والارتفاعات) .

١- نجد أنV_B تساوي ٥٤٢,٤ م/ثا.

من أجل إيجاد ΔV_{coast} ينبغي تقديرها من منحنى خاص بعد معرفة بعض البيانات ثم إعادة التدقيق في قيمة ΔV_{coast} بسلسلة من الحسابات و ذلك حسب المخطط السابق.

٢-باستعمال قيمة الدفع ٢٥٠ثا مثلا يمكننا حساب قيمة النسبة r_b

و تساوي: r_b = exp (542.4/9.80665x250) =**1.248** 3- نحسب

$$Q = \frac{m_0}{m_{pld}} = \frac{r_b(PMF)}{1 - r_b[1 - (PMF)]}$$

حيث تساوي Q =**1.396**

٤-نحسب قيمة m_0 كتلة الصاروخ الأولية $Q = \frac{m_0}{m_{pld}}$ منه m_0=400كغx1.396=**558.4** كغ

$$PMF = \frac{m_p}{m_0 - m_{pld}}$$

يمكننا حساب الكتلة الأولية للوقود كالتالي:

٥- m_p =(558.4-400)0.72=**110.9** كغ

٦- $m_{bo} = m_0 - m_p$ منه فإن كتلة الصاروخ بعد انتهاء الوقود m_{bo} تساوي 558.4-110.9=**447.5**كغ

٧- الخطوة التالية هي حساب B_{bo} ولعمل ذلك يجب تعيين C_D و تساوي هنا 0.38 من برنامج Aerolab كذلك يجب حساب A_{ref} و تساوي هذه الأخيرة ٣,١٤*(0.3048*0.3048)/٤ =**0.07297** منه فإن B_{bo}تساوي 447.5كغ / 0.38*0.07297=**16140**كغ/م٢

٨- باستعمال الشكل التالي نتمكن من التدقيق و الاقتراب أكثر من القيمة الحقيقية لسرعة الصاروخ عند انتهاء الوقود بحساب ΔV_{coast} من الشكل. باستعمال قيمةB_{bo} المحسوبة ، و قيمة V_B المحسوبة هنا نقرأ من المنحنى أن ΔV_{coast} تساوي 140م/ثا.

كيفية القراءة من الجدول : أولا تحديد القيم المطلوبة في كل عملية تدقيق حيث تساوي هنا **16140**و 542.4نقوم بالقراءة على محور السينات قيمة **16140**

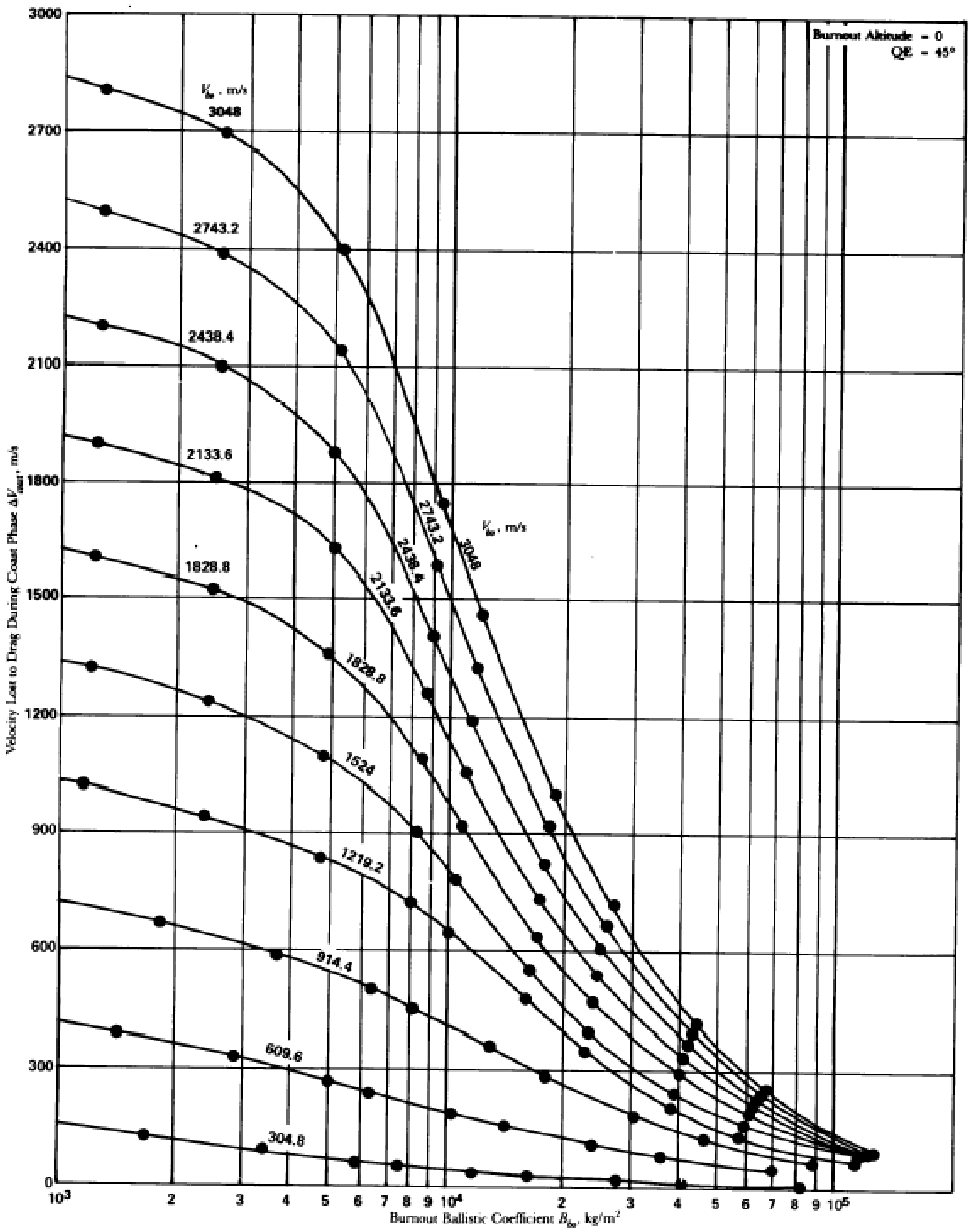


Figure 3-7. Coast Drag Velocity Loss-130-mm Indirect Fire Rocket

نجد أنه مابين الرقم 10000و 20000 . ثم نحدد مكان 542.4مابين المنحنى ٦٠٩,٦ و المنحنى ٣٠٤,٨ صعودا مع قيمة السينات نقدر المكان مابين تلك القيمتين و نضع علامة ، نستفيد من برنامج PHOTOSHOP إن أمكن لعمل تدريج دقيق وقراءة مقربة . من تلك العلامة نتوجه إلى محور الصادات لنقرأ السرعة المفقودة بسبب الهواء أثناء مرحلة الطيران الحر لنجد تحت الرقم

200م/ثا و بالضبط 140م /ثا. ينبغي التنويه على إمكانية رسم خطوط مدرجة أكثر للمحور الصادي خاصة.

تصبح لدينا قيمة سرعة الصاروخ اللازمة بعد انتهاء الوقود تساوي في هذه المرحلة

$V_{prop} = V_B + \Delta V_{coast}$ =682.4=140+542.4م/ثا

باستعمال قيمة V_{prop} الجديدة في مكان V_B السابقة نعيد الخطوات ٢-٣-٤-٥-٦-٧-٨

مثلا إعادة حساب r بالقيمة الجديدة لـ V_{prop}

أي: r=exp (682.4/9.80665*140) =1.321

Q=1.532

m_0=**463.8**كغ

m_p= **149**كغ

m_{bo} = **463.8**كغ

A_{ref} **0.07297**

B_{bo} =**16730**كغ/م٢

القيم الجديدة للقراءة من الجدول هي 16730و قيمة 682.4 لنقرأ قيمة ΔV_{coast} الجديدة هي 200 م/ثا منه تصبح:

$V_{prop} = V_B + \Delta V_{coast}$ =742.4=200+542.5م/ثا

لاحظ إضافة التدقيق الجديد إلى القيمة 542.5و ليس 682.4.

نقوم بمقارنة القيمة الجديدة 742.4م/ثا مع القيمة 682.4م/ثا القديمة لنجد أنهما لا يتساويان فنستمر في عملية التدقيق.

نلاحظ أن قيمة V_{prop} الجديدة بعد إجراء تلك الخطوات لديها زيادة عن قيمة V_{prop} التي سبق أن حسبناها . نجرى الخطوة رقم ٩(أي إعادة إجراء الخطوات من ٢ إلى الخطوة ٨) و نقارن قيمة V_{prop} الجديدة مع قيمة V_{prop} السابقة فإذا تساويتا تكون القيمة الصحيحة المستعملة في الخطوات التالية. بعد عمليات تدقيق نجد القيم التالية تساوي قيمة V_{prop} السابقة :

V_{prop} = ٥٤٢,٤+٢٥٨=٨٠٠ م/ثا. r = ١,٣٨٢ ،

Q =١,٦٥٢ ، m_0=٦٦١ كغ ، m_p=١٨٢,٧كغ ، m_{bo}=٤٧٨,٣، B_{bo} =١٧٢٥٠ .

نفترض من بعض الصواروخ أن G تساوي ٤٠

$F_1 = G m_0 g_0$, N. منه F =m_0 *g* G

F=٤٠*٩,٨٠٦٦٥*٦٦١=٢٥٩٣٠٠نيوتن نقارن هذه القيمة مع البيانات العملية لتجريب المحرك ، و ضبط النقص أو الزيادة.

كذلك محاولة استخلاص قيمة G من التجارب عند حساب C* للوقود (انظر الملف الخاص به) .

$\dot{m} = F_B/(I_{sp}g_0)$, kg/s منه $\dot{m}$ =٢٥٩٣٠٠\٢٥٠*٩,٨٠٦٦٥=١٠٥,٨كغ/ثا.

$t_b = m_p/\dot{m}$, s. منه t_b =١٨٢,٧\١٠٥,٨=١,٧٢٧ثا

نحسب قيمة G*t_b=٤٠*١,٧٢٧=٦٩,٠٨ نأخذ هذه القيمة مع قيمة B_{bo} =١٧٢٥٠ لنجد أن

$\Delta V_{boost}/t_b$ = ١٠ من المنحنى التالي حيث يصبح ΔV_{boost} =١٠*١,٧٢٧=١٧,٢٧م/ ثا.

الفقدان في السرعة بسبب الجاذبية أي ΔV_{grav} يساوي :

ΔV_{grav} = sin45° * ١,٧٢٧ثا * ٩,٨٠٦٦٥ =١١,٩٨م /ثا و بالتالي تصبح السرعة القصوى التي يجب أن يصلها الصاروخ هي :

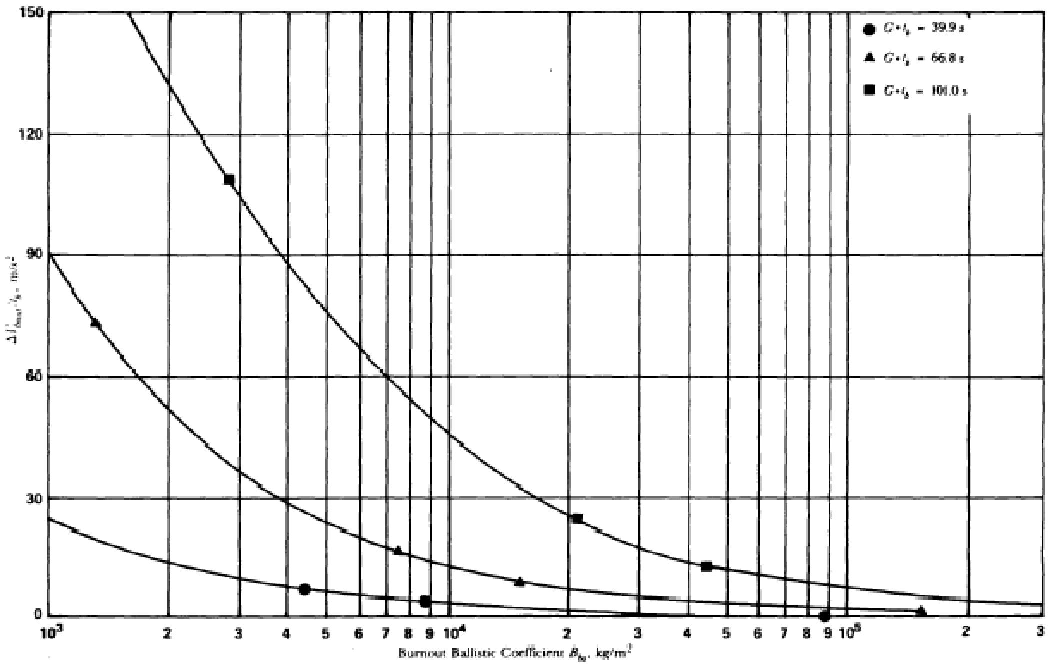


Figure 3-8. Boost Drag Velocity Loss-Indirect Fire Rocket

V_{prop} =٥٤٢,٤+٢٥٨+١٧,٢٧+ ١١,٩٨ =٨٢٩,٧م/ثا

يجب أن نعيد حساب القيم السابقة على أساس قيمة V_{prop} الجديدة

نعيد إدخال هذه البيانات في البرنامج Launch لنتحصل على قيم I الكلية و المدى وزمن الوصول للهدف . و تقارن مع تجارب المحرك الصاروخي .

الدقة Accuracy

هي مقياس لكفاءة صاروخ ما في قدرته على وضع و توصيل رأس حربي إلى موقع معين. سيتم تعريف مصادر الأخطاء في دقة الإصابة و تصنيفها حسب مراحل الطيران ومن ثم التقليل من الأخطاء قدر الإمكان .

لحساب الأخطاء المتعلقة بخروج الصاروخ عن مساره ، يتم مقارنة المسار الحالي للصاروخ مع المسار المثالي. يتم تحديد مصادر الأخطاء و تصنيفها و الخروج بدراسة عن كيفية توقع هذه الأخطاء و تجنبها مسبقا. سيتم التحدث حول مصادر الأخطاء و تأثيرها على طيران الصاروخ غير الموجه . مراحل ماقبل الرماية ، الرماية ، مرحلة الدفع و أخيرا مرحلة الطيران الحر.

مصادر أخطاء الرماية:

تعرف مصادر الأخطاء على أنها أية أداة أو إجراء أو خطأ في التركيب التي تسبب خروج الصاروخ غير الموجه عن مساره المثالي و المتوقع.

١- الأخطاء المؤثرة المعلومة و الثابتة : افترض أنه حصل خطأ في تصنيع القاذف فيتسبب هذا الخطأ في عدم تطابق محور و مسار الرماية المرئي من القاذف مع الذي هو عليه فعليا. سيؤدي إلى خطأ في الإصابة ، يسمى مثل هذا الخطأ أنه خطأ ملموس و ثابت . و لن نتطرق لهذا النوع من الأخطاء لأنه يفترض ألا يكون.

٢- الأخطاء العشوائية المؤثرة : أخطاء مؤثرة مثل القراءة الخاطئة لسرعة الرياح المتغيرة أو الخطأ في وضع زاوية الإطلاق.

٣- الأخطاء العشوائية : سببها القوة الدافعة غير الموضوعة على صف دقيق مع المحور الطولي للصاروخ، أو كتلة غير متجانسة في الوقود.

سيتم تقسيم مسار الطيران إلى أربع مراحل :

مرحلة ماقبل الرماية

مرحلة الاطلاق من بداية إشعال المحرك حتى مغادرة الصاروخ للقاذف

مرحلة الدفع من مغادرة الصاروخ للقاذف إلى مرحلة انتهاء احتراق الوقود

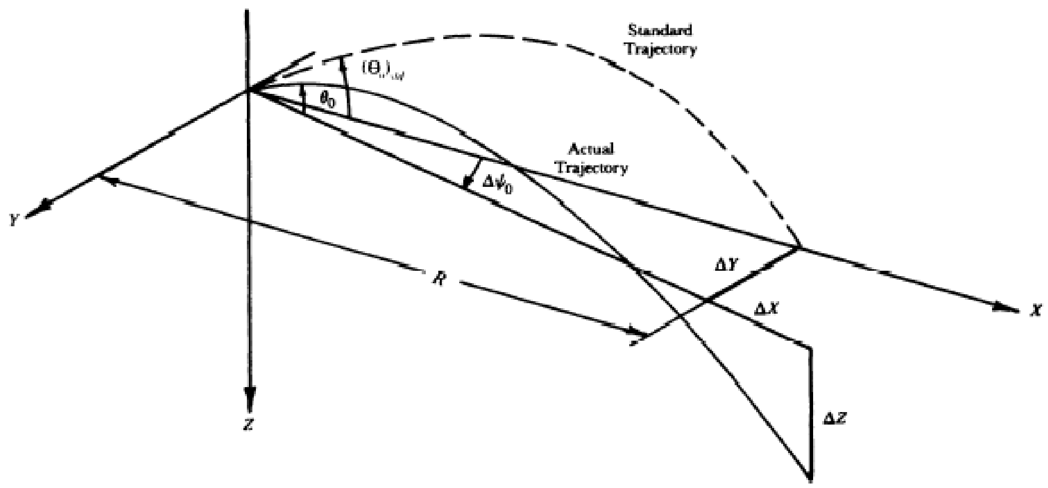
مرحلة الطيران الحر من نهاية مرحلة الدفع إلى اصطدام الصاروخ بالهدف

الأخطاء المتعلقة بمرحلة ماقبل الرماية

يتوجب علينا إجراء بعض التصحيحات على الرماية للتعويض عن دوران الأرض (في حالة مدى أكثر من ١٠٠كلم) ، تصحيحات في زاوية الإطلاق للتعويض عن أخطاء محتملة مثل درجة حرارة الوقود و اختلاف الضغط الجوي و سرعة الرياح. هذه التصحيحات تسمى تصحيحات لازمة عن الطيران القياسي النموذجي. أخطاء الرمي غالبا ماتكون من التالي :

- عدم المعرفة الدقيقة بموقع الرامي و الهدف ، يمكن أن تحصل بقراءة خاطئة أو قراءة من خريطة غير صحيحة.
- أخطاء في تموضع و تثبيت الرامي للقاذف
- التحديدات غير الصحيحة لتصحيح المسار ، و تكون إما من الاستفادة غير الصحيحة من الجدول أو عدم المعرفة الدقيقة باتجاه الرياح.

يتم تحديد هذه الأخطاء بمقارنة المسار الفعلي بالمسار النظري و دقة إصابته. يبين الشكل التالي الفرق بين المسار النظري من المسار الفعلي



الأخطاء في الإصابة التي تتسبب بها التسديدات غير الصحيحة للقاذف عند الرماية هي :

$$\Delta Y = \Delta\psi_0 R,\ \text{m}$$

$$\Delta X = (\Delta\theta_0)\left.\frac{\partial R}{\partial \theta}\right|_{Y=\text{const}},\text{m}$$

$$\Delta t = (\Delta\theta_0)\left.\frac{\partial t}{\partial \theta}\right|_{R=\text{const}},\text{s}$$

$$\Delta Z = (\Delta\theta_0)\left.\frac{\partial Z}{\partial \theta}\right|_{t=\text{const}},\text{m}$$

$$\Delta\psi_0 = (\psi_0)_{std} - \psi_0\ ,\ \text{mrad}$$

$$\Delta\theta_0 = (\theta_0)_{std} - \theta_0\ ,\ \text{mrad}$$

حيث أن ΔY يمثل خطأ الانحراف ، و يقاس بالمتر.

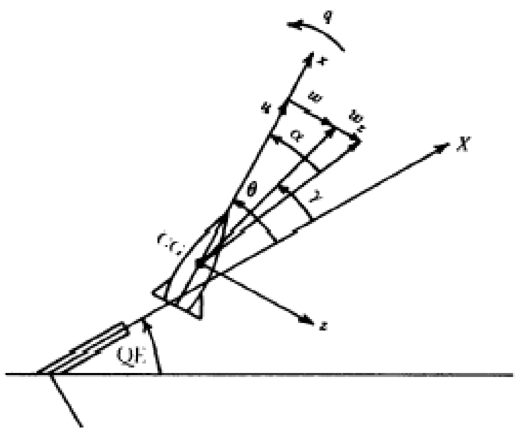
ΔX الخطأ في المدى

Δt الخطأ الحاصل في تقدير زمن الطيران ، ΔZ خطأ حاصل لسوء التقدير في الارتفاع ، ψ_0 الاتجاه الاولي لزاوية التسديد ، زاوية الإزاحة $\Delta\psi_0$ يمثل الخطأ الحاصل فيها ، $(\psi_0)_{std}$ الاتجاه الأولي لزاوية التسديد في الرماية النموذجية ، θ_0 زاوية التسديد في الارتفاع $\Delta\theta_0$ يمثل الخطأ في ذلك.

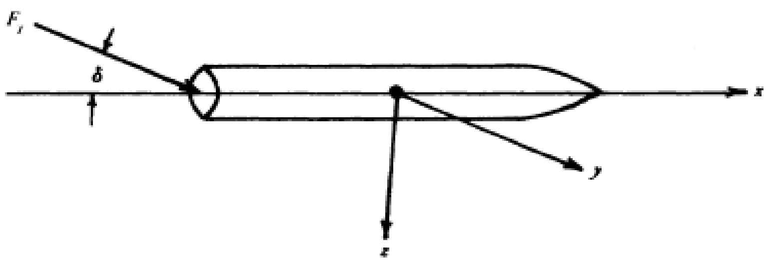
الأخطاء الحاصلة أثناء القذف:

تحصل هذه الأخطاء جراء عدم التماثل بين القاذف و الصاروخ كذلك عندما يحاول الصاروخ مغادرة القاذف مباشرة فإن أثر الجاذبية عند سحبه للأسفل (من المقدمة) تؤدي إلى أخطاء شائعة.

- **مستوى التسارع** : يؤثر الاحتكاك فيما بين القاذف و الصاروخ على حركة القاذف.
- **عدم تماثل القذف** : يوضح الشكل التالي زاوية عدم التماثل . الفرق مابين خروج الدفع



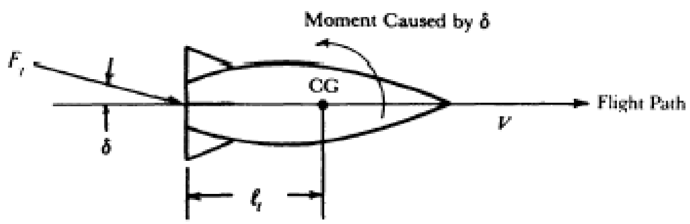
- **اللاتوازن الثابت و الديناميكي:** عدم تطابق المحور الطولي الجغرافي مع المحور الاساسي للقصور الذاتي Moment of inertia

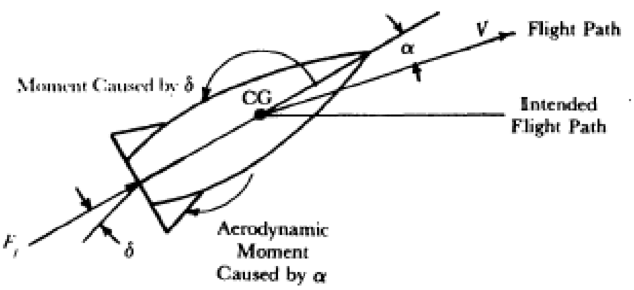


- **الصاروخ اللين المطاوع** : عند خروج هذا النوع من الصواريخ من القاذف تؤلف زاوية مختلفة مع زاوية الإطلاق.

الخطأ الحاصل أثناء مرحلة الدفع :

خروج الدفق في غير مسار مخرجه يولد زاوية ألفا و التي تجعل الصاروخ الثابت يحاول تصحيحها فيسبب ذلك خطأ في مسار الصاروخ. وهذا سبب تأثير اللاتماثل مابين محور الدفع و محور الرمي.



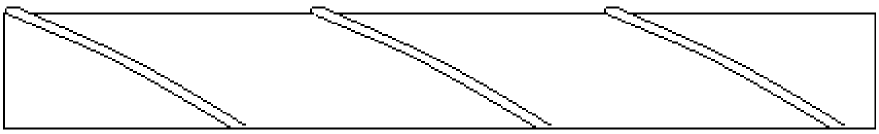


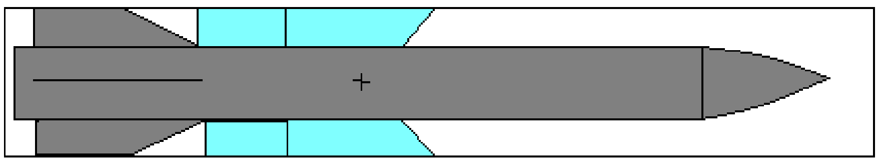
٤- الأخطاء الحاصلة أثناء مرحلة الطيران الحر:

تؤثر الريح سلبا على هذه المرحلة فتتغير قيمة الكابح و اتجاهه . بالإضافة إلى أن المدى المحسوب غالبا ما يعتبر أن كثافة الجو ثابتة وهي ليست كذلك كما أنها تتغير بتغير الفصول الأربعة.

الاجراءات العامة اللازم اتخاذها للتقليل من التفلت

الطريقة الأولى هي التقليل من جسامة مصدر الأخطاء ، ويتم ذلك بإجراء عناية كبيرة أثناء التصنيع ، التركيب ، حماية أثناء النقل و الاستعمال الصحيح لكل من الصاروخ والقاذف . الطريقة الثانية هي تصميم صاورخ لديه القدرة الذاتية على التقليل من حساسيته لمصادر الأخطاء. تأثير دوران الصاروخ حول محوره الطولي فعال جدا في التقليل من الأخطاء المتعلقة بجسم الصاروخ (عدم التماثل في محور الدفع مع اتجاه الرماية) . يحصل أكبر قدر من الأخطاء لحظة خروج الصاروخ من القاذف أي مع الدوران الأول ، فيجب تدوير الصاروخ وهو في القاذف لأن الدوران الناتج عن الأجنحة لا يكون فعالا لحظة الإطلاق . يمكن الحصول على دوران متسارع بعدة طرق ، منها إمالة النوازل ، إضافة جنيحات صغيرة من الجرافيت في مخرج الغازات ، بتحزيز مائل للنازل أو أفضلها هو جعل أخدود حلزوني على طول السطح الداخلي للقاذف مع جعل حامل من البوليستيرين من قطعتين للصاروخ بقطر القاذف الداخلي على مستوى مركز ثقل الصاروخ حتى تكون بعرض الأجنحة . يتم تصنيع هذا القاذف أولا بشق الأنبوب على شكل حلزوني و من ثم يتم تلحيم جزء على شكل حرف U خارجيا مع هذا الشق ليحصل دوران الصاروخ على الأقل مرتين داخل القاذف قبل مغادرته كلية. مع جعل زاوية ميلان في الأجنحة بـ ١ درجة عن المحور الطولي للصاروخ لتستمر في تدوير الصاروخ.

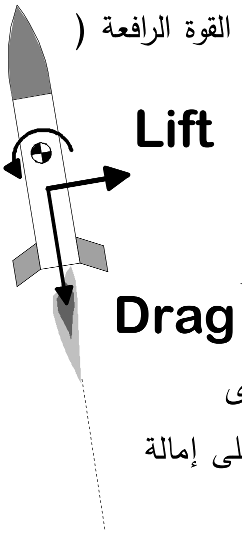




شكل قطع البوليسترين المقوى لتجعل الهواء يفصلها عن الصاروخ عند خروجه.

يمكن أن يؤثر التسارع في دقة الإصابة عند مرحلة الدفع بزيادة التسارع و التقليل من طول القاذف ، أما في حالة كون التسارع قليلا فإن القاذف يجب أن يكون طويلا كأن يكون طوله ٥م من أجل صاروخ طوله ٢,٢ م.

الديناميكا الهوائية Aerodynamic



إن القوى الأساسية التي تؤثر في طيران صاروخ ما هي مقاومة الهواء و القوة الرافعة (القوة التي تحمل الطائرة في الهواء) ، أما مقاومة الهواء فهي تؤثر سلبا في تسارع و سرعة الصاروخ ، أما القوة الرافعة الهوائية Lift فهي تؤثر في اتجاه الصاروخ .

مقاومة الهواء Drag force هي إحدى مكونات القوى الديناميكا الهوائية و التي تؤثر مباشرة في سرعة الصاروخ . فهي تعمل فعل الكابح في حركة الصاروخ وتقليل مداه ، أما القوة الدافعة فهي كذلك إحدى مكونات القوى الديناميكا الهوائية و التي تؤثر بشكل متعامد على سرعة الصاروخ فتعمل على إمالة الصاروخ حول محوره العرضي (حول مركز ثقله)

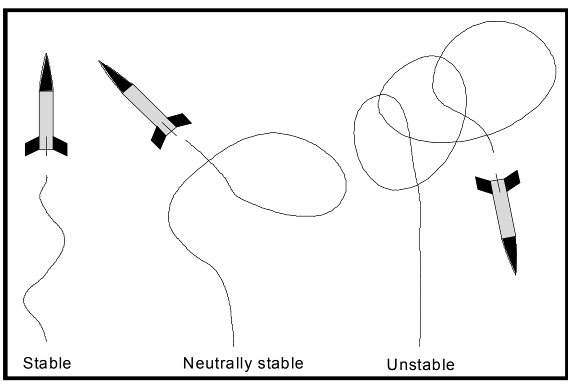
زاوية الهبوب (الهجوم) AOA Angle of attack

هي الزاوية المتشكلة مابين اتجاه تقدم الصاروخ و المحور الطولي له.

الثباتية Stability : الثباتية هي اسم يطلق على سلوك الصاروخ أثناء الطيران في عدة زوايا هبوب . عندما يطير الصاروخ على زاوية هبوب ما فإنه يعدل ويرجع إلى مساره ذاتيا فنسميه صاروخا مستقرا . أما الصاروخ غير المستقر فإن زاوية الهبوب تزيد في حالة تأثره خارجيا أي زيادة التفلت بمعني أن مسار طيرانه لا يمكن توقعه . الصاروخ المستقر نوعا ما هو الصاروخ الذي عند تأثره خارجيا فإنه يضيع زاوية الهبوب لكن لا ينجر إلى التفلت أكثر ثم يطير مستقرا في حالة توقف المؤثر الخارجي .

بعض القيم المهمة في الديناميكاالهوائية :

رقم الماغ Mach number: يجب أن نتعامل مع الديناميكا الهوائية للصواريخ على أساس ديناميكا السوائل Fluid dynamic (أي أن الهواء سائل غروي غليظ) . سرعة الماغ تعني سرعة الصوت في السائل و تتأثر هذه السرعة بالتغير في درجة الحرارة . بالنسبة للهواء الجاف النظيف يمكن الزعم أن سرعة الصوت في ذلك الوضع تساوي



$$c = 20.055\sqrt{T}$$

حيث أن T بالكلفين . حيث أن c هي سرعة الصوت بالمتر/ثا و M=v/c و

v هي سرعة الشئ في ذلك المكان. فنقول مثلا أن الطائرة تطير بسرعة ماغ ٣ لأن سرعتها تساوي ثلاث مرات سرعة الصوت في تلك الظروف.

رقم **Reynold`s** : كذلك هو مقياس آخر للسرعة . و يستعمل بشكل خاص لتحديد ما إذا كان الدفق انسيابيا على سطح الصاروخ أو دواميا (مضطربا) turbulent و بالتالي يسمح لنا بمعرفة مدى احتكاك تيار الهواء مع سطح الصاروخ . فمن أجل صاروخ بطول L و يطير بسرعة v في هواء كثافته ρ . قيمة اللزوجة الديناميكية للهواء μ منه عدد الرينولد

$$Re = \frac{vL\rho}{\mu}$$

هذه بعض القيم

□□□□$1.8*10^{-5}$ kg/(ms)

□ = 1.2 kg/m^3

نتحصل على أرقام مابين

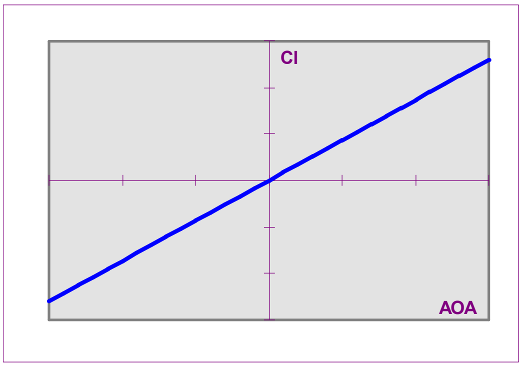
$10^5 - 10^8$

معامل قوة الرفع Lift و مقاومة الهواء Drag

من أجل صاروخ يطير بسرعة v في هواء بكثافة ρ فإن معامل الرفع Cl و معامل مقاومة الهواء Cd و A مساحة مرجعية يساوي:

$$Lift = ½ A\rho Clv^2$$

$$Drag = ½ A\rho Cdv^2$$

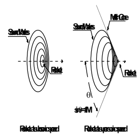


يتم مزج القيمتين كالتالي: ننتخب A بشكل عشوائي لكن بعدها يتم قياس Cl و Cd على أساس قيمة A . أكثر الطرق استعمالا يتم انتخاب A من قيمة أكبر مساحة مقطع عرضي للصاروخ. عندما تكون زاوية الهبوب صغيرة فإن Cl تكون في تناسب مطرد مع زاوية الهبوب يعني ذلك أن الصاورخ الذي يطير في زاوية هبوب صفر فإن معامل قوة الرفعCl يساوي صفر . فلو زادت زاوية الهبوب لأي سبب ما، زاد معامل الرفع فيؤثر في الصاروخ ليحاول إمالته عن مساره.

مركز الضغط Center of pressure

هو الموضع الذي يكون فيه محصلة (مجموع) قوى الرفع على الصاروخ. تولد الأجنحة عامة القسم الأعظم من قوة الرفع Lift . و لهذا من أجل صاروخ لديه مجموعة واحدة من الأجنحة في مكان واحد فإن مركز الضغط يكون بجوارها.

شرح لحالة الصاروخ عندما يطير في سرعة أعلى أو أقل من سرعة الصوت: حينما يطير صاروخ في الهواء فإن تيار الهواء حول الصاروخ يتوقف على سرعته، كذلك سرعة انتشار موجات صوت الصاروخ تتشوه .بالإضافة إلى أن حقل تدفق الهواء له علاقة بسرعة الصاروخ بدلالة سرعة الصوت (عدد الماغ لديه). تكّون حركة الصاروخ في الهواء موجات صوتية ، و بما أن الصوت ينتقل بنفس السرعة في كل الاتجاهات فإن الصوت المنبعث يولد موجات كروية (تشبه الموجات على سطح الماء المرمي فيه حجر)



فإذا طار الصاروخ بسرعة أقل من سرعة الصوت فإن الموجات الصوتية بإمكانها الهروب من الصاروخ فتولد صوتا عاديا. لكن إذا طار الصاروخ بشكل أسرع من سرعة الصوت فإن موجات الصوت لا تتمكن من التفلت من الصاروخ بالطريقة العادية بالعكس فإنها تتزايد و تتجمع لتشكل موجات بشكل مخروطي مع الصاروخ و تسمى قيمة مخروط الماغ ، يلاحظ أن هذه المقدمة في الشكل تشبه شكل مقدمة البواخر . كلما زاد عدد الماغ أي سرعة الصاروخ كلما احتجنا إلى مقدمة أحّد بحيث يتولد عن تجمع الموجات انفجار يسمع عند الطائرات التي تطير بسرعة فوق سرعة الصوت.

تسمى سرعة صاروخ ما عند طيرانه بسرعة أقل من سرعة الصوت أي M<1 بـ Subsonic أما في حالة كونها فوق سرعة الصوت M>1 بـ Supersonic. جريان الموجات في كلتا المرحلتين يكون مختلفا اختلافا حقيقيا . حيث أن لكل منهما مناطق سلوك مختلفة. تكون الموجات في حالة Subsonic غير منضغطة Incompressible ، حيث أن الهواء لديه الوقت الكافي لينطبق و يولد جريانا انسيابيا على جسم الصاروخ بدون زيادة في الضغط . أما عندما تزيد السرعة فوق نصف قيمة سرعة الصوت فإن الهواء ليس لديه الوقت لإنشاء نمط و شكل مثالي لجريان التيار. فيضغط

في مقدمة الصاروخ عند بداية الزيادة في السرعة عن نصف قيمة سرعة الصوت فتزيد قيمة معامل مقاومة الهواء وكذلك معامل الرفع بحوالي $1/\sqrt{M^2-1}$ ، هذه المنطقة تسمى بمنطقة ما دون سرعة الصوت و يكون التيار فيها منضغطا . فتكون سرعة الهواء في مناطق أسرع و في مناطق أبطأ من سرعة الصوت و تكون قيمة معامل الرفع و مقاومة الهواء في أعلى قيمة لها (أي Transonic ٠,٨-١,٢ من سرعة الصوت). أما في منطقة مافوق الصوت بكثير أي من M=5 Hypersonic فإن معامل الرفع و مقاومة الهواء تقل بقيمة $1/\sqrt{M^2-1}$ من أقصى قيمة لها .

كيف يمكن الفحص إذا كان الصاروخ مستقرا؟

نحتاج إلى تحديد موضع مركز الضغط Cp للصاروخ وكذلك مركز ثقله CG عبر كل ظروف الطيران. Cp هو محصلة القوى الرافعة المؤثرة على جسم الصاروخ. لو كان مركز الثقل أمام مركز الضغط (تكون الرؤية من الخلف) عبر كل مراحل الطيران فإن الصاروخ يكون مستقرا. الملاحظ أن مركز الثقل و مركز الضغط موضعان لا يكونان دائما في نفس المكان و إنما يتأثران بتغير الظروف حيث أن مركز الثقل مثلا ينتقل إلى الأمام كلما استهلك الوقود الصاروخي. و مركز الضغط ينتقل أماما وخلفا مع تغير سرعة الصاروخ و زاوية الهبوب.

كيف يمكن تحديد موقع مركز الضغط Cp ؟

للصواريخ التي تطير بسرعة منخفضة أي أقل من ١٨٣م/ثا (٦٠٠قدم /ثا) توجد طريقتان لحساب مركز الضغط : طريقة Barrowman و طريقة الورق المقوى المفصل على شكل المقطع العرضي للصاروخ. حيث أن الطريقة الأولى تحسب القوى الرافعة و مركز الضغط لأي قطعة من قطعات الصاروخ على حدة ثم تحسب محصلة تلك القوى مع بعض لإيجاد مركز الضغط الكلي. أما في طريقة الورق المقوى فإننا نقطع ورق مقوى على شكل المقطع العرضي للصاروخ ثم نبحث عن مركز ثقل هذا الورق و يمثل ذلك الموضع مركز ضغط الصاروخ لكن في زاوية هبوب تساوي ٩٠درجة ، أما طريقة Barrowman فهي تحسب مركز الضغط في زاوية هبوب ٠ درجة ، و بما أن الصواريخ تحلق على زاوية هبوب أقل من ١٠درجات فإن طريقة Barrowman تتوافق بشكل أكثر مع الحقيقة .

توجد برامج كمبيوترية لحساب مركز الضغط بإحدى أو بكلتي الطريقتين منها VCP, Rocketcad,Rocksim,Aerolab .

أما بالنسبة للصواريخ التي تطير بسرعة أكبر من ١٨٣م/ثا تصبح حسابات مركز الضغط فيها أكثر تعقيدا و لا توجد برامج تجارية لحساب ذلك . بشكل عام فإن الصواريخ التي تكون مستقرة في

السرعات المنخفضة تكون كذلك مستقرة في حدود ماغ =٢ أي أقل من ٦٦٠م /ثا ، لكن الصواريخ التي لديها أجنحة بنسبة سماكة عالية فيمكن أن تتعرض لمشاكل استقرار في سرعة مابين ٠,٨-١,٢ ماغ.

يتقدم موضع مركز الضغط بالزيادة الحاصلة في زاوية الهبوب كأن يغادر الصاروخ منصة الإطلاق في سرعة منخفضة مع وجود رياح قوية فلا يكون الصاروخ مستقرا. كذلك حركة الصاروخ و فتله يؤثران في مركز الضغط.

كيف يمكن إيجاد موضع مركز الثقل ؟

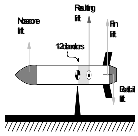
أفضل طريقة لفعل ذلك قبل تصنيع الصاروخ أن نرسم الصاروخ في برامج المحاكاة لنعلم موضع مركز الثقل ثم التأكد من ذلك بالتصنيع.

هل توجد علاقة مابين مركز الثقل و مركز الضغط ؟

هناك هامش الثباتية الاستاتية و يعرف على أنه نسبة المسافة و البعد بين مركز الضغط و مركز الثقل و أكبر قطر في الصاروخ. كقاعدة عامة يكون البعد مساويا لما بين ١ إلى ٢ من قطر الصاروخ. في حالة كون هذه النسبة صغيرة جدا قد يكون استقرار الصاروخ غير مؤكد بل و في خطر ، خاصة عند السرعات المنخفضة، أما إذا كان هذا البعد كبيرا جدا يكون الصاروخ حساسا بشكل واضح للرياح بالإضافة إلى زيادة في قيمة القوى الرافعة و مقاومة الهواء مما يزيد في الإجهاد على الأجنحة.

اعتبارات مهمة عند التصميم

طريقة Barrowman لا تأخذ بعين الاعتبار وجود عدة مجموعات من الأجنحة . ينبغي وضع الأجنحة في أبعد موقع من مقدمة الصاروخ . نستعمل مجموعة واحدة من الأجنحة . عند استعمال عدة طوابق نتأكد من أن الصاروخ ثابت في كل مكوناته .



عند إضافة boattail للتقليل من وجود Turbulence في مؤخرة الصاروخ (للتخفيف في الكبح) فإننا نتأكد من أن الأجنحة المستعملة مناسبة.

مقاومة الـهواء

مقاومة الهواء للصاروخ له علاقة بسرعة و زاوية الهبوب و عدد ماغ و رقم رينولد.

تتشكل مقاومة الهواء على ثلاثة أوجه:

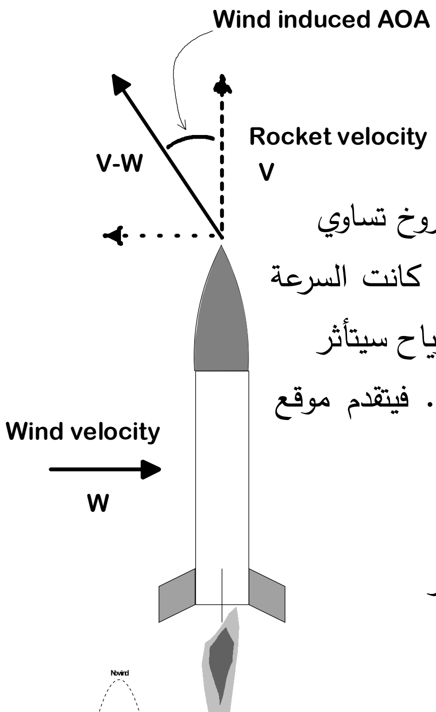
- الاحتكاك مع جسم الصاروخ الخارجي
- ممانعة مقاومة الضغط
- ممانعة مقاومة مؤخرة الصاروخ

عند سرعة ما دون سرعة الصوت يكون الاحتكاك في أكبر قيمة له كذلك الحال في السرعات العالية جدا . ممانعة الضغط (كبح) ناتج عن اختراق مقدمة الصاروخ للهواء ، في سرعة أقل من سرعة الصوت تكون هذه القيمة صغيرة . أما في سرعة الصوت تكون لممانعة الضغط قيمة معتبرة، خاصة عندما يكون الصاروخ له مقدمة غير حادة.

ممانعة القاعدة Boattail lift : تنتج هذه الممانعة (المقاومة الكبح) بسبب التموج الحاصل عند قاعدة الصاروخ على مستوى مخرج النازل حيث يتولد ضغط منخفض فيكّون كابحا يسحب الصاروخ للخلف . فمن بين الطرق للتقليل من ممانعة القاعدة هي جعل قطر مؤخرة الصاروخ أقل من القطر العام .

من أجل صواريخ تقضي أغلب وقتها في سرعة أقل من سرعة الصوت ينبغي أن تكون مقدمة الصاروخ دائرية وأجنحته مقدمتها دائرية و مؤخرتها حادة. أما من أجل صاروخ يقضي أغلب وقت طيرانه في سرعة مافوق الصوت ينبغي أن تكون حواف الأجنحة الأمامية و الخلفية حادة جدا و مقدمة الصاروخ Tangent ogive. أما الصواريخ التي تكون أغلب وقتها طائرة في سرعة انتقالية يتم التقليل من قطر الصاروخ في منطقة الأجنحة للتقليل من الكابح .

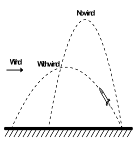
تأثير الـهواء على مسار الصاروخ



ينبغي تجنب الرماية في وجود رياح قوية جدا . تؤثر الرياح على الصاروخ بطريقتين :

عندما يغادر الصاروخ منصة الإطلاق فإن السرعة الأفقية للصاروخ تساوي السرعة الأفقية في عدم وجود الرياح ناقص سرعة الرياح . إذا كانت السرعة العمودية للصاروخ ليست كبيرة بشكل واضح مقارنة مع سرعة الرياح سيتأثر الصاروخ و تزيد سرعة الهبوب بزاوية أكبر من ١٠ درجات. فيتقدم موقع مركز الضغط ليصبح الصاروخ غير مستقر

فالذي يحصل أن السرعة تقل و يخرج من مساره إلى المسار غير المرغوب فيه كالتالي:



أما الظاهرة الثانية فهي تأثر الصاروخ بالرياح الشديدة إذ أنه يميل باتجاه الريح لإلغاء الزيادة في زاوية الهبوب المتسببة من طرف الرياح *weathercocking* تشبه ظاهرة توجه الديك الحديدي الذي يوضع على أسطح البيوت للدلالة على اتجاه الرياح فيميل الصاروخ عكس اتجاه الرياح في فترة الدفع و يتوجه باتجاه الريح عند الطيران الحر ولا يتأثر المدى بعد ذلك .

أجنحة الصاروخ

وظيفة الأجنحة

الغرض من إضافة أجنحة في جسم الصاروخ هو البحث عن استقرار الصاروخ أثناء الطيران ، و محافظته على المسار المخطط له. إذا انطلق صاروخ دون أجنحة فإنه بعد مغادرته لمنصة الإطلاق ينقلب حول مركز ثقله على محوره الطولي بسبب وجود قوى الديناميكا الهوائية و قوى أخرى مثل تأثير الرياح. يحصل عدم الاستقرار للصاروخ في عدم وجود أجنحة بسبب وجود مركز الضغط في المقدمة على مركز الثقل ولفهم هذه الظاهرة أكثر يتحتم علينا التحدث بإسهاب أكثر .

مركز الثقل و مركز الضغط

مركز الثقل Center of gravity CG سهل للوصف و الشرح وهو النقطة التي لو تم تعليق الجسم منها لاستقر . كذلك هو الحال مع مركز الضغط Center of pressure CP هي محصلة القوى المؤثرة على الصاروخ أو مركز توازن القوى الحركية الهوائية . يتم تصور ذلك بشكل أوضح بأن تتخيل نفسك حاملا صاروخا صغيرا بيدك عبر نافذة سيارة مسرعة مع جعل مؤخرة الصاروخ قرب النافذة و مقدمته بعيدة عنها أي يحمل متعامدا مع للنافذة (لا متوازيا) فتتعرض مساحة الصاروخ الطولية للهواء . نمسك الصاروخ بأصبعين مع هذه الظروف بحيث يستقر ، فيسمى موقع المسك بمركز القوى. إلا أن مركز القوى أكثر تعقيدا لأنه يتغير بتغير زاوية الهبوب Angle of attack و الذي في هذه الحالة يساوي ٩٠درجة . من أجل الحصول على صاروخ مستقر أثناء طيرانه يجب أن يكون مركز القوى بعيدا عن مركز الثقل بمقدار معين و يساوي ١-٢ من مقدار قطر الصاروخ.

لماذا CPخلف CG ؟

يمكن تفسير ذلك عن طريق الرسم

يمثل لنا الرسم FIG1A صاروخا مركز ضغطه CP خلف مركز ثقله CG فإذا تحقق هذا الشرط أثناء الطيران دون وجود أجنحة فإن الصاروخ يكون مستقرا في طيرانه (لاحظ أن الصواريخ الصغيرة للألعاب النارية ليس لديها أجنحة مع أنها نوعا ما مستقرة أما إذا احتاجت فيجب تركيب أجنحة) نرى أن كل القوى المؤثرة في الصاروخ تمر عبر مركز الثقل (محصلة قوة الممانعة الهوائية ، قوة الجاذبية و قوة الدفع) أما الرسم FIG1B يبين لنا أنه تم

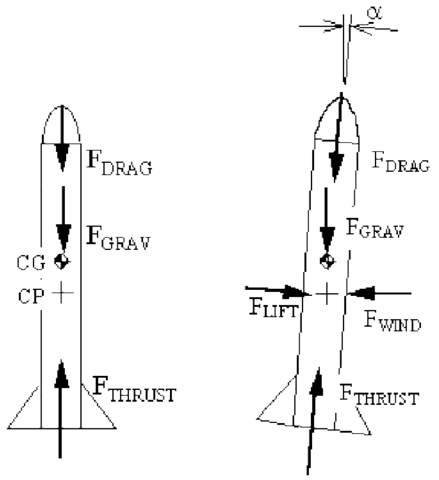


FIG. 1A FIG. 1B

STABLE ROCKET -- CP AFT OF CG

التأثير على الطيران برياح جانبية خفيفة فتؤثر في مركز القوى فيميل الصاروخ حول مركز ثقله مكونا زاوية ألفا و تسمى زاوية الهبوب هذا التغير في زاوية الهبوب من صفر إلى ألفا مباشرة يولد قوة مناهضة Lift force تتوازن مع قوة الرياح فيصبح الصاروخ متوازنا . أي في ظاهره أنه مائل قليلا في المسار إلا أنه يطير في نفس الاتجاه الأولي. كأن تشاهد طائرة وهي تطير مقدمتها مرتفعة إلا أنها تمشي إلى الأمام.

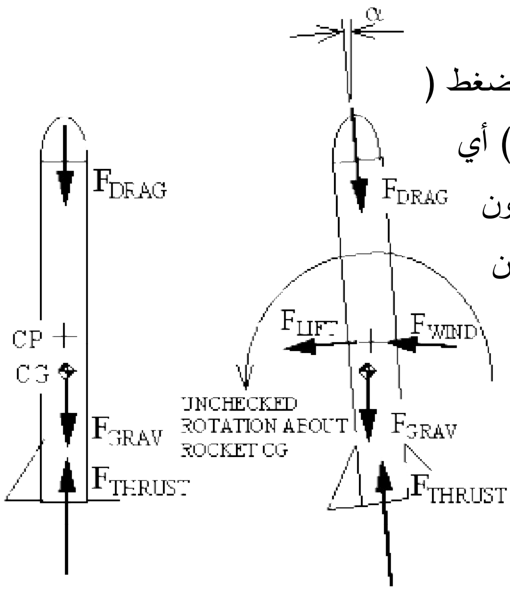


FIG. 2A FIG. 2B

UNSTABLE ROCKET -- CP AHEAD OF CG

نلاحظ في الشكل 2A تواجد مركز الثقل خلف مركز الضغط (في ا لتصميم أي أن مساحة الأجنحة كانت غير كافية) أي عكس الشكل 1A وهذا السيناريو غير مرغوب فيه . يكون الصاروخ في البداية مستقرا لكن سرعان ما تؤثر نفخة من رياح بسيطة في توليد ميلان بسيط ألفا فتتولد زاوية هبوب فتتولد قوة مناهضة بسبب ألفا لكن في هذه الحال تكون في نفس اتجاه الرياح لا معاكسة لها مما يسبب ذلك دوران الصاروخ حول مركز ثقله ليصبح الصاروخ غير مستقر فيتقوس المسار.

لم نحتاج للأجنحة ؟

لأنها ضرورية لجعل مركز الضغط خلف مركز الثقل دائما و بشكل جيد . فهي تساهم في توليد قوة مناهضة بسرعة في حالة وجود رياح عادية.

كم يجب أن يبعد مركز الضغط CP عن مركز الثقل CG ؟

قرب المسافة بين مركز الضغط من مركز الثقل يولد طيرانا متعرجا ZIG ZAG أو حتى غير مستقر . تزيد زاوية الهبوب كلما زادت قوة الرياح الجانبية الخفيفة أثناء طيران الصاروخ. إلا أن إبعاد مركز الضغط كثيرا عن مركز الثقل يسهل دوران الصاروخ باتجاه الرياح (كدوران الديك الحديدي المركب في بعض أسطح البيوت و الذي يدلل على اتجاه الرياح) و تسمى هذه الظاهرة Weathercock . نجعل مركز الضغط بعيدا بمقدار ١,٥-٢ من طول قطر الصاروخ في الصواريخ بالكثافة العالية و العنصر الفاعل في التقديم أو التأخير هذا هو مساحة الأجنحة .

شكل الاجنحة و مساحتها

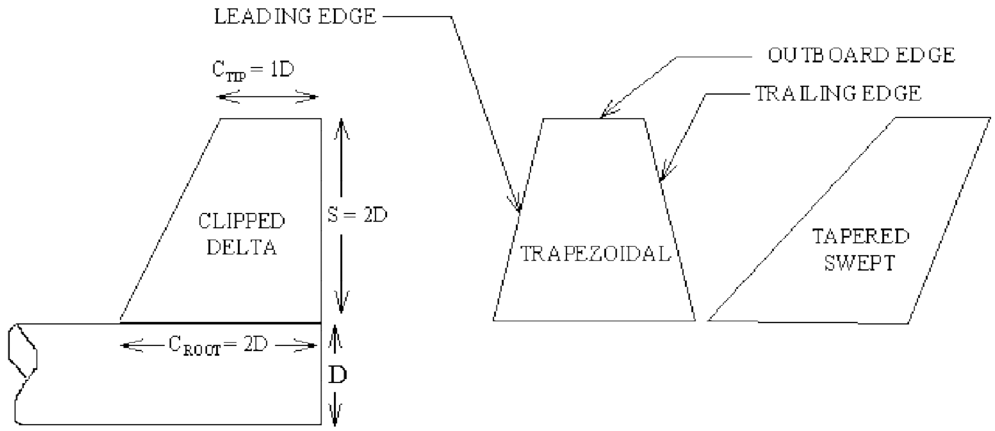
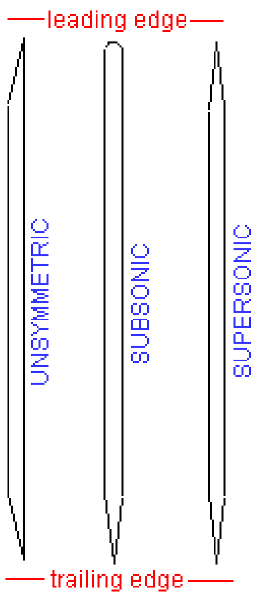


FIGURE 3 -- FIN PLANFORMS

يتم تصميم جناح بالأبعاد المبينة في الشكل السابق .



الشكل الانسيابي للجناح

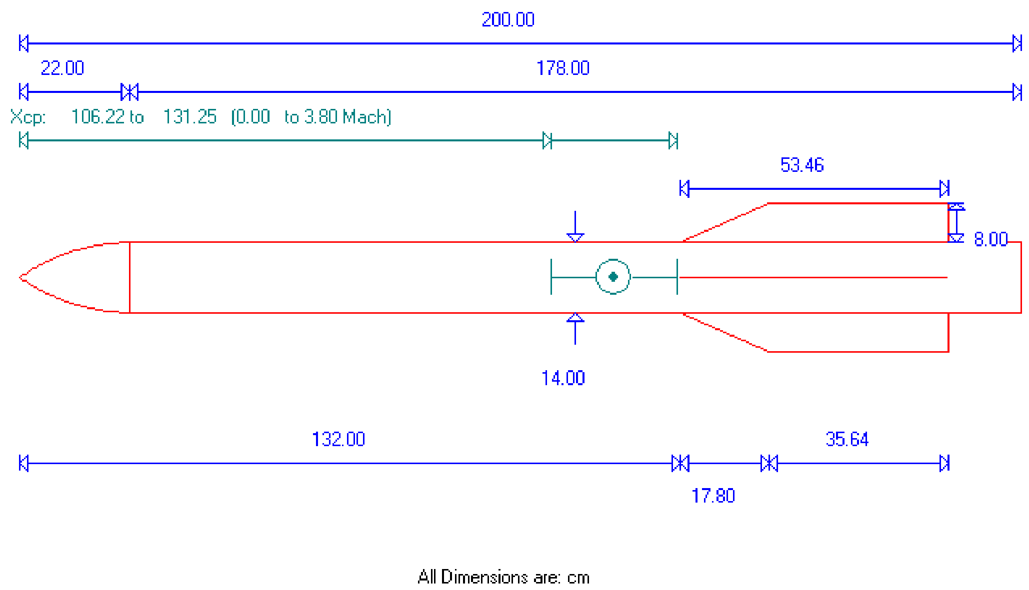
عندما يكون مجمل طيران الصاروخ في سرعة تحت سرعة الصوت يتم جعل مقدمة الجناح دائرية الشكل

أما كون معظم طيرانه فوق سرعة الصوت فتكون حادة الجهتين ، أما في سرعة مابين الاثنين فيكون كما هو مبين في الشكل السابق. كلما زادت حدة الجناح فوق الصوتي كلما قل الاحتكاك ، كلما قل سمك الجناح كلما كان أفضل (مهم).

كم عدد الأجنحة اللازمة؟

على الأقل ثلاثة أجنحة ضرورية و أكثرها هو أربعة أجنحة . يفضل وضع ثلاثة أجنحة في بعض الأحيان عند الصواريخ ذات القدرة العالية حيث تقل الممانعة المتسببة بانسياب التيار عبر الجسم بـ٢٥% في حالة كونها بأربعة أجنحة ، لكن في المقابل فإنه بأربعة أجنحة يمكن التحكم بسهولة في مركز الضغط مع العلم أن وجود أربعة أجنحة يسمح بإمكانية تصميم صاروخ ليس بعريض .

يمكن استعمال برنامج Launch لتصميم أجنحة بأبعاد معينة و التحكم في البعد ما بين مركز الضغط و مركز القوى حيث يلاحظ في هذا البرنامج أن مساحة الأجنحة و سمك الجناح وخاصة درجة حدة الجناح تؤثر بشكل مباشر في ذلك .



كيف تثبت الأجنحة ؟

تثبت الأجنحة بالبراغي عند القسم المتواجد فيه النازل ، مع جعل زاوية ١ درجة ميلان على المحور الطولي لها لتساعد في إعطاء فتل للصاروخ. فتزيد دقة الإصابة. يمكن جعل طي مؤخرة الجناح بزاوية ١٠درجات لإعطاء نفس الفتل المطلوب.

ميل الأجنحة للحصول على الاستقرار

يتم إمالة الأجنحة للحصول على فتل للصاروخ مما يساعد على استقراره كثيرا ، زاوية الإمالة تقدر بـ ١ درجة فيتم الحصول على دورانا مناسبا. يجب ألا تزيد عدد الدورات في الثانية عن ٦ و إلا أثر ذلك في زيادة القوة الدافعة و زيادة في سرعة احتراق الوقود و تقلص زمن الاحتراق (ارتفاعا في دفع النوعي لكن كذلك في الضغط). يمكن أن يوفر الميل في الأجنحة دورانا إلى حد ٢٠دورة في الدقيقة.

الوقود الصاروخي

الوقود الصاروخي

كما هو واضح من العنوان فإن الوقود الصاروخي عبارة عن وقود نستعمله في نظام دفع الصواريخ الذي يكون المسؤول عن دفع الصاروخ و حمولته النافعة إلى الهدف المطلوب . الوقود الصاروخي الدافع عبارة عن خليط من مواد ذاتية الطاقة أو حتى مواد خاملة لكن إذا اجتمعت مع بعضها وُحوضت من الخارج اشتعلت و كونت غازات كثيفة و درجة حرارة عالية . يعتبر الوقود الصاروخي الدافع مستقلا تماما عن مكونات الجو أي أنه لا يحتاج إلى أوكسجين الجو ليشتعل لأنه يتكون من كل ما يحتاجه الاشتعال الكامل .

ينقسم الوقود الدافع إلى ثلاثة أقسام : الوقود السائل ، الوقود الصلب و الوقود الهجين (خليط بينهما كأن نستعمل المؤكسد سائلا و الوقود صلبا) . مع أنه قد تم استعمال الوقود الصلب في الصواريخ الصغيرة و المتوسطة المدى بكثرة في المجال العسكري و المدني على السواء إلا أن أغلب الصواريخ الضخمة تستعمل الوقود السائل ، يكمن السبب في ذلك في عوامل تاريخية راجعة إلى العشرينات ، حيث كان الوقود السائل هو الطاغي بسبب أن الوقود الصلب و المعروف آنذاك وحتى قبل ١٩٤٠ كان لا يتعدى الدفع النوعي (القوة) لديه ١٤٠ثا مقارنة بـ٣٥٠ثا للوقود السائل . هذا ما جعل ألمانيا تستعمل الوقود السائل في صاروخها العسكري الأول المشهور V2 . بعد تطور علم البلاستيكات و البلمرة و اكتشاف روابط binders ساعد ذلك في اكتشاف و تشكيل وقود صلب بدفع نوعي عال نوعا ما ٢٤٠-٢٧٠ثا و منافس للوقود السائل الذي من أهم سلبياته تكلفة التخزين و عدم الجهوزية الفورية للإطلاق ، مما فسح المجال لاستعمال الوقود الصلب على نطاق واسع في التطبيقات التكتيكية العسكرية و الصواريخ متوسطة المدى التي تحتاج إلى جهوزية فورية للإطلاق .

إلى جانب أهمية الخواص الباليستية للوقود الصاروخي ، ينبغي الانتباه إلى الأهمية القصوى لخواص الوقود الصاروخي الأخرى و من أهمها الخواص الفيزيائية الجيدة التي ينبغي أن تكون في الوقود الصاروخي المختار ، تتمثل في المقاومة الكبيرة للشد High tensile strength ، إمتداد كبير (استطالة ، مد) High elongation ، انكماش قليل (بعد التصلب) Low shrinkage ، لا يتغير حجمه بالإجهاد و بالتالي معامل معاير نوعا ما عال Modulus و أخيرا القدرة العالية للالتصاق ببطانة حاوية المحرك . تعتبر هذه الخواص ضرورية لتجنب تشوه أو تفتت الوقود عند حصول ضغط الحجرة الاحتراقية الناتج عن الإشعال الابتدائي أو من احتراق الوقود نفسه أثناء عمل المحرك و من القوى الناتجة عن طيران الصاروخ أو الفتل ، بالإضافة إلى ذلك يجب أن تكون هذه

الخواص ثابتة ما بين ٥٠ (أو أقلها ٢٠) مئوية تحت الصفر إلى ٨٠م فوق الصفر و أن يحافظ على هذه الخواص كلها مع مرور الوقت . عندها يصبح الوقود صاروخي نافعا في التطبيقات العسكرية .

الوقود الصاروخي الصلب

قبل سنة ١٩٤٠، كان البارود الأسود هو الوقود الصلب الوحيد الممكن استعماله كوقود صاروخي إلى أن تم اكتشاف وقود صاروخي صلب مناسب إبان الحرب العالمية الثانية الذي يعتمد على النيتروسليلوز NC و النتروجليسرين NG ومنذ تلك الفترة و حتى هذه الأيام و الوقود الصاروخي الصلب في تطور مستمر خاصة بعد تطور علم البلاستيكات .

أنواع الوقود الصلب

ينقسم الوقود الصلب إلى ثلاثة أقسام :

١- الوقود الصلب المتجانس DB: يسمى كذلك بالوقود ثنائي القاعدة يتكون غالبا من النتروسليلوز و النتروجليسرين .

٢- الوقود الصاروخي المركب Composite: يتكون من مادة غنية جدا بالأوكسجين و أخرى تسمى بالوقود يخلطان ليكونا مركبا غير متجانس على مستوى الجزيئات أي أنه خليط من الجزيئات المختلفة.

٣- الوقود الصاروخي CMDB : هو عبارة عن خليط من الوقود الأول و الوقود الثاني .

بعض أنواع الوقود الصاروخي:

Table I.—Characteristics of Some Operational Propellants (ref. 8)

Propellant type	I^*_{sp} (1) Range, sec	Approximate flame temperature, °F	Approximate density, lb/in.³	Metal content, wt-%	Ingredients cost, cents/lb	Processing method
DB	220–230	4100	0.058	0	250	Extruded
DB/AP/Al	260–265	6500	0.065	20–21	120	Solvent cast
DB/AP-HMX/Al	265–270	6700	0.065	20	140	Solvent cast
PVC/AP	230–240	4600	0.061	0	30	Cast or extruded
PVC/AP/Al	260–265	5600	0.064	21	30	Cast or extruded
PS/AP	230–240	4700	0.062	0	75	Cast
PS/AP/Al	240–250	5000	0.062	3	75	Cast
PU/AP/Al	260–265	5400–6000	0.064	16–20	40	Cast
PBAN/AP/Al	260–263	5800	0.064	16	‘35	Cast
CTPB/AP/Al	260–265	5600–5800	0.064	15–17	55	Cast
HTPB/AP/Al	260–265	5600–5800	0.064	4–17	30–100	Cast
FC/AP/Al	240–245	6200	0.074	19.5	180	Extruded and machined
DB/AP/Be	275–280	6500	0.064	12	800	Solvent cast
CTPB/AP/Be	275–280	5800	0.060	12	770	Cast
PU/AP/Be	275–280	5800	0.060	12	770	Cast

(1) I^*_{sp} is the theoretical specific impulse at 1000 psia exhausting to 14.7 psia through a 0° half-angle nozzle.

Figure 4-2: Composite-modified double-base propellant and samples of its constituent chemicals.

الوقود الصلب المتجانس
Double Base

المقدمـة : يتمثل الوقود الصاروخي المتجانس و الذي يعرف بالـDouble Base في وقود هلامي يتطلب طرقا خاصة لتصليبه ، يحتوي على مركب أو مركبين أو ثلاثة مركبات أساسية حسب النوع المصنع فيسمى بذلك أحادي mono base، ثنائي double base أو ثلاثي القاعدة triple base . يطغى عليه اسم الوقود المتجانس ثنائي القاعدة على باقي الأسماء لكثرة استعماله، سميت مركباته بالقاعدة base لأنها لا تحتاج إلى مركب آخر ليتم الاشتعال الكامل و إنما تضاف قواعد أخرى في بعض الاستعمالات لتحسين بعض الخواص الفيزيائية أو الكميائية للوقود . كذلك سميت بالمتجانسة لأنها متجانسة على مستوى الجزيء ، أي أن الوقود ثنائي القاعدة مثلا بعد تصنيعه فإنه سيتشكل عنه جزيء جديد هو ناتج عن جزيء القاعدة الأولى و القاعدة الثانية كالحاصل مع النتروسليلوز و النتروجليسرين فإن ثنائي القاعدة المتشكل منهما يكون جزيءً جديدا ناتجا منهما . مع أن النتروسليلوز لا يحتاج إلى النتروجليسرين للاشتعال إلا أنه يضاف إليه كملدن و رافع للطاقة ليتصلب الكل فيما بعد .

مكونات الوقود الصلب المتجانس

أول مكونات هذا الوقود هو مادة اشتعالية تحتوي على الطاقة و من بينها أنواع ، أهمها النتروسليلوز (NC) nitrocellulose ، النتروسليلوز البلاستيكي plastisol nitrocellulose (PNC) ، نترات البوليفينيل (PVN) polyvinyl nitrate و خليط بينها . يتم استعمال هذا المكون غالبا بنسب تتراوح مابين ٣٥ إلى حوالي ٦٥ بالمئة وزنا و الأفضل مابين ٤٠ و ٥٥بالمئة وزنا من كتلة الوقود DB .

العنصر الثاني في مركبات هذا الوقود هو النتروجليسرين كمادة اشتعالية غنية بالطاقة تعمل على تلدين plasticizes المركب الأول و تدعيمه بالطاقة . الكمية المستعملة هي ٢٥ إلى ٥٠ بالمئة وزنا و الأفضل مابين ٣٥ إلى ٤٥ بالمئة وزنا من التركيب العام . يمكن استعمال أنواع أخرى منها : pentaerythritol trinitrate (PETRIN) ، diethylene glycol dinitrate (DEGN) ، metriol trinitrate (MTN) ، triethylene glycol dinitrate (TEGDN) أو sorbitol hexanitrate ، ethylene glycol dinitrate أو خلائط منها . تعمل هذه المركبات كملدنات تحتوي على طاقة حيث أنها تجعل النتروسليلوز على شكل هلامي gel . أي أن المركب الأول

يسمى رابطا و يحتوي على طاقة كامنة energetic binder وهو النتروسليلوز أما الثاني مثلا النتروجليسرين فهو ملدن يحتوي على طاقة كامنة energetic plasticizer .

العنصر الثالث في هذا الوقود الذي يمكن إضافته هو النتروجوانيدين NQ أو الـ NTO لأنها مواد مزودة للطاقة دون رفع درجة حرارة الشعلة. و يسمى هذا الوقود بثلاثي القاعدة triple base عند إضافة هذه المواد.

تضاف مواد أخرى للوقود الصاروخي DB لتحسين أداء معين أو خاصية معينة كتجنب التسارع في التحلل الذي يحصل غالبا للنتروسليلوز . تضاف مواد تلتقط غازات NO2 المنبعثة من النتروسليلوز و التي تعمل على تسارع تحلل الوقود عند تخزينه، لهذا فإن المواد الممكن إضافتها لحل هذه المشكلة هي: diphenylamine ، 2-nitrodiphenylamine ، ethylcentralite تضاف هذه المواد بنسب مابين ٠,٥ إلى ٢ بالمئة وزنا . كما أنه تضاف في بعض الأحيان مواد تؤثر في سرعة الاحتراق كالرصاص و البزموث bismuth والكربون الأسود و النحاس أو النحاس و القصدير ، يمكن أن يضاف بنسب مابين ٠,٥ إلى ٥ بالمئة وزنا . كذلك يمكن إضافة ملدنات إلى الوقود (في حالة عدم استعمال الـ PU) كملدن يحوي طاقة مثل إضافة الـ triacetin عند إضافة النتروجليسرين للتقليل من حساسية هذا الأخير (يضاف Resorcinol كذلك للتقليل من حساسية NG لكنه لا يحتوي على طاقة) ، أو إضافة ملدنات خاملة تحسن من الخواص الفيزيائية للوقود مثل (dioctyladipate) DOA أو dioctylphtalate) DOP أو (DBP dibutylphtalate) أو DOM أو IDP أو خلائط منها كذلك للتقليل من حساسية NG ، تضاف هذه الملدنات بنسب مقارنة بالنتروسليلوز من ٠,٥ لـ ٣,٥ و الأفضل مابين ١,٧ لـ ٣,٠ (هنا النتروسليلوز يكون ٣,٠) . كذلك يمكن إضافة مواد مبردة coolant للوقود منها الهكسامين أو الميلامين. يمكن نقل الـNG مذاب في الأستون ثم يتم إظهاره بإضافة الماء إليه. ثم تجفيفه.

طرق تصنيعه

توجد عدة طرق لتصنيع هذا الوقود الصاروخي و ذلك لتعدد المطالب الباليستية و الفيزيائية للوقود الصاروخي . كان سابقا يصنع من النتروسليلوز و النتروجليسرين مع الكبس بطريقة الصب cast ، ثم تطورت هذه الطريقة إلى طريقة البثق (الدفع) مع مذيب و إلى طرق أخرى .

١- طريقة تصنيع الـDB بطريقة الخلط بالماء أو المذيب :

يمكن تصنيع الكوردايت CORDITE بهذه الطريقة والذي يستعمل في المرحلة الأولى لإطلاق RPG أو في شرائح الوقود المستعملة في الهاون . لا يمكن صب هذا الوقود المصنع بهذه الطريقة في المحرك الصاروخي مباشرة . نبدأ بإضافة النتروسليلوز المبلل بالماء إلى ماء ساخن ٥٠ م (حجم الماء يكون ١٠ مرات كتلة النتروسليلوز المستعمل) مع التحريك الجيد . نخلط أي ملدن مستعمل و diphenylamine مع النتروجليسرين جيدا (أو ماينوب عنه و يجب إضافة الـ Triacetin أو Resorcinol في حالة استعمال النتروجليسرين) ثم نضيف هذا الخليط إلى النتروسليلوز المخلوط بالماء قليلا قليلا مع التحريك لمدة ١٠ دقائق . بعدها يمكن إضافة أي مادة صلبة كمادة مغيرة لسرعة الاحتراق و الخلط لمدة ١٠ دقائق . أخيرا يتم إضافة كربون أسود و بودرة الشمع لإنتاج هذا المركب بالنسب الآتية : نتروسليلوز ٤٩% ، نتروجليسرين ٤٢%، diphenylamine ٢%، ملدن DBP ٣%،و يضاف مغير لسرعة الاحتراق بنسب ٣,٦% ثم ٠,٣% كربون أسود و ٠,١% شمع .بعد الترشيح يتم تركه عند درجة حرارة ٥٥م لمدة ٧ أيام و تجفيفه إلى رطوبة ١٢% يمكن إجراء حبال مسطحة منها على درجة حرارة ٩٥ م عبر اسطوانات الدلفنة rolling mills مختلفة السرعة ثم عبر اسطوانات أخرى متساوية السرعة عند ٧٥م للحصول على شرائح بسمك ٢ ملم ثم تقطع حسب الأبعاد اللازمة .

كما هو ملاحظ فإن تبخر الماء لا يسمح بالاستعمال المباشر لهذه الطريقة و إنما يجب عمل بثق extrusion لهذا الوقود الناتج عند درجة حرارة مناسبة لا تتعدى ١١٥ م مع ضغط ، فيمكن صبه في قالب الصاروخ و تركه يبرد .

بنفس الطريقة تقريبا نستعمل مذيبا من المذيبات المعروفة لـ NC كخليط من الأسيتون والكحول (للنتروسليلوز بنترجة منخفضة) أو Ethyl acetate ثم نضيف الباقي بنفس الطريقة إلى أن يجف الخليط ثم يمكننا بثق الخليط في القالب اللازم مع الضغط . الملاحظ على هذه الطريقة أن الناتج كما ذكر سابقا يتأثر بدرجة الحرارة المرتفعة أو المنخفضة جدا فهو غير مناسب في تلك الاستعمالات .

٢- تصنيع DB باستعمال حامل :

يقصد بالحامل هنا heptane ، chloroform ، ethanol ، أو Methylene chloride و يستعمل بدل المذيب ، فهو يذيب النتروسليلوز بشكل بسيط أو لا يذيبه فيلعب دور الحامل للمواد أثناء خلطها ثم يتم سحب هذا الحامل بالتبخير قبل أن يتشكل الوقود لكي يسمح لنا بالخلط الجيد و إضافة مواد صلبة أخرى عند الرغبة في ذلك فيبدأ تصلب الوقود ، الملاحظ هنا أنه بإمكاننا الاستفادة مجددا من الحامل بتبخيره و تقطيره لإعادة استعماله في المرة القادمة . هذا مثال على هذه الطريقة : خليط من ٥٤٠,٦غ نتروسليلوز (يفضل أن يكون على شكل بودرة بعد إذابته و تقطيعه و تجفيفه) و ٢٠٠غ heptane (أو ماينوب عنه ككحول الأيثانول) و ٤٤١,١غ NG (أو ماينوب عنه) يجهز و يخلط جيدا عند درجة حرارة ٤٨,٥-٥٠ م تحت التفريغ الهواء Vacuum ، يتم إضافة ٢٠٠غ هبتان بعد ١٥ دقيقة تحت نفس الظروف السابقة . كذلك بعد ١٥ دقيقة أخرى يتم إضافة ٢٠٠غ هبتان للخليط تحت نفس الظروف السابقة . بعد ٣٠ دقيقة يسجل ١٥ملم زئبقي (الضغط الحاصل من الشفط و تكثيف الهبتان مع سحبه من الخليط) . يتم تجهيز خليط من ٣٤,٢غ نتروجليسرين (أو ما ينوب عنه) و ٤,٤غ ethyl centralite تحت شفط و إضافتهما إلى الخليط السابق وهو على درجة حرارة ٣٢ م مع الخلط لمدة ٢٠ دقيقة ثم توضع في حاوية لتتصلب بعد ٤ يوم على درجة حرارة ٥٥م . يمكن عمل بثق له بشكل بسيط . يستعمل الحامل لخطورة النتروسليلوز و حساسيته للكهرباء الساكنة .

كمثال آخر يمكن استعمال حامل بهذه الطريقة : يتم تحضير معلق من النتروسليلوز في Methylene chloride مع الخلط السريع لمدة نصف ساعة ثم ترشح و يضاف إليها Methylene chloride مجددا لسحب الماء منها . يضاف إلى الـ NC المبلل بالـ Methylene chloride محلول مكون من النتروجليسرين (أو ما ينوب عنه) مع diphenylamine و مواد صلبة أخرى . قطرة قطرة مع التحريك السريع . ثم نسخن الخليط الكلي ببطء إلى أن تصل إلى درجة حرارة ٧١م تحت شفط الهواء لمدة ٥ ساعات لسحب الـ Methylene chloride بتبخيره و تقطيره و أي ماء باق لنتحصل على خليط برطوبة تقدر بـ ٠,٠٢٥% .

يمكن صب الوقود في القالب . مع الضغط .

٣- تصنيع DB باستعمال PNC :

لتفادي سلبيات الطريقة السابقة فقد تم ابتكار طريقة لتصنيع الـDB لتسمح لنا بصبه في المحرك مباشرة أي طريقة الـcast و ذلك باستعمال nitrocellulose Plastisol . يجب عدم الخلط مابين هذه المادة و النتروسليلوز . الـDB القوي و الذي يصلح في المحرك الصاروخي حساس لدرجات الحرارة العالية بحيث يصبح مرنا و يمكن أن يكون قابلا للإنكسار عند تعرضه للضغط عند درجات حرارة منخفضة جدا، لهذا عزف المختصون عن استعمالاته و توجهوا لحل هذه المشكلة كذلك صعوبة عمل بثق لوقود صاروخي بقطر كبير. لهذا فقد تم ابتكار الـ PNC . يختلف PNC عن NC كثيرا ، حيث أن هذا الأخير يصير قابلا للتلدن بالملدن (NG مثلا) مباشرة بعد الإضافة مما لا يسمح لنا بإضافة مواد صلبة للتحسين من الخواص الفيزيائية أو للخلط الجيد، بينما لا يبدأ PNC في التلدن إلا إذا تم تسخين المجموعة عند ٦٢م فقط .

يمكن تصنيع PNC بالطريقة التالية :

يتم خلط ٩٠غ من النتروسليلوز الجاف (١٢,٦ % N) و ١,٢غ Ethyl centralite و ١,٤ لتر من النتروميثان مع التحريك (أو مذيب من مذيبات NC) إلى أن يذوب بالكامل ، ثم التحريك ببطء لمدة ١٠ دقائق للحصول على Lacquer متجانس . نضيف حوالي ١٩,٢غ من عامل مستحلب مناسب PETROLEUM SULFONATE ، كمثال على ذلك No.9 PETROMIX في ٩٠٠ملل ماء ثم يضاف الكل في الخليط السابق ثم نضع الكل في خلاط غرواني colloidal mill حيث يمر المحلول عبر جزء ثابت و آخر دوار الذي فيه فسحة صغيرة (حيز خلوص) يمر المحلول عبرها بينما يدور العضو الدوار بسرعة ١٠٠٠٠د/د (يمكن استعمال خلاط سريع أو مفرمة سريعة جدا). يفرغ الكل بعد ١٠د في حاوية بها ٣٠لتر ماء و يتم تحريك الكل لمدة ١٥دقيقة حيث يتشكل راسب هو النتروسليلوز الذي يرشح من المحلول فيغسل بالهكسان و يجفف لمدة ١٦ ساعة. يمر هذا NC عبر غربال ٢٠٠ميكرون لنتحصل على NC بودرة كروية الشكل بقطر ١-٣٠ ميكرون فتسمى بالـ PNC . يمكن تصنيع DB باستعمال PNC بنفس الطرق السابقة الذكر أي الطريقة رقم ١,٢,٣ فنتحصل على DB يمكن صبه مباشرة في المحرك.

٤- تصنيع DB مع رابط PU :

يمكن تصنيع الـDB باستعمال PNC بنفس الطرق السابقة الذكر إلا أن الفائدة هنا في استعمال PNC تظهر بشكل أكبر في إمكانية إضافة مواد بوليميرية مثل البولييوريثان Polyurethane لتحسين الخواص الفيزيائية للـDB كما أنه بإمكاننا إضافة مواد صلبة أخرى مما يفتح المجال واسعا على تشكيل وقود جديد يسمى بالوقود الصاروخي ثنائي القاعدة المتجانس CMDB . يتم استعمال PNC و البولييوريثان PU (متكون من جزئين يخلطان فيعطيان لنا البولييوريثان و هما : POLYOL (وهي عائلة في حد ذاتها منها البوليستر السائل و Pentaerytrithol trinitrate) و Aromatic diisocyanate) . بعدما يتصلب يكون الرابط عبارة عن كتلة متشكلة من Polyol متشابكة مع النتروسليلوز عبر توصيلة يوريثان urethane linkage و التي هي مزودة من Aromatic diisocyanate والملدن موزع عبر هذه الشبكة . يستعمل نتروسليلوز على شكل Lacquer كعامل تشبيك لتشكيل رابط مطاطي ويكون بنسبة ٠,٧ إلى ١ من نسبة ال polyol . ولكي يكون النتروسليلوز تام الفائدة يجب أن يحتوي على مجموعة هيدروكسيل باقية لم دُتَرَج لتعمل على التشبيك مع الـAromatic diisocyanate ، ولهذا يجب أن يكون النتروسليلوز المستعمل هنا يحتوي على ١١,٨ إلى ١٢,٢ % نيتروجين فقط . (يمكن أن يصنع الـ polyol و المستعمل في هذه الطريقة من تفاعل ethylene glycol أو الجليسرين مع أي نوع من أنواع الـ dibasic carboxylic acid مثل oxalic acid أو adipic acid و ذلك للحصول على polyester لم يصلب بعد أي على شكل سائل) .

يمكن تجهيز النتروسليلوز بسحق نسيج النتروسليلوز إلى بودرة رقيقة PNC و تجفيفها من أي رطوبة إلى أن تصل ٠,٣% فقط و الأفضل سحب الماء بإضافة methylene chloride إليه و ترشيحه و غسله به ثلاث مرات . يمكن أن يستعمل وهو مبلل بالـMethylene chloride فيضاف إليه كل من الملدن (NG أو ماينوب عنه) ، الـ Polyol (وهو الجزء غير المصلب في مجموعة الـPU) ، مسرع التفاعل و المثبت ببطء مع التحريك السريع ثم يتم تسخين الخليط ببطء إلى أن تصل درجة الحرارة إلى ٧١م مع سحب الهواء Vacuum لمدة ٥ ساعات لسحب الـ Methylene chloride (أو الإيثانول) بجهاز التجفيف ، فتكون نسبة الرطوبة ٠,٠٢٥% بذلك . بعدها يتم إضافة Organic Aromatic diisocyanate or والمادة المغيرة لسرعة الاحتراق مع الخلط تحت الشفط لمدة نصف ساعة عند درجة حرارة ٦٠-٦٥م إلى أن نتحصل على خلطة متجانسة ، الملاحظ أنه بالإمكان استعمال النتروسليلوز عوضا عن

PNC هنا لكن لا يحبذ ذلك . يتم صب الخليط في قالب أو محرك الصاروخ و يصلب بعد ١١يوما تحت درجة حرارة ٤٨–٥٥م . و هذه هي النسب المستعملة : NC١٩,٨%وزنا، ٤٩,٥ NG % ، polyol ٢٥,٧%، أي نوع Diisocyanate ٤,٠ % ، Diphenylamine١% ، مغير للسرعة ٠,٠٠٠٠٤% . يجف بعد ١١ يوما . المقصود هنا بال + Polyol Diisocyanate = البوليبوريثان PU . الدفع النوعي لهذا الوقود يساوي ١٨٠ثا أخذا بعين الاعتبار أن الـ.diiso + polyol يقابلان الـ PU تستعمل هذه الخلطة عند الرغبة في إضافة مواد ذات طاقة مثل AP أو مع RDX . فيعتبر هذا الوقود منخفض القوة طبعا لسبب أن الـ PU لا يعطي طاقة لذلك يمكن تخفيض كميته إلى أقل نسبة ممكنة مع المحافظة على الخواص الفيزيائية المناسبة . فمثلا يمكن استعمال NC 24.8 ، NG 59.5 ، PU15 ، 10 Dinitrodiphenylamine . يصبح قوة الدفع النوعي ٢٢٧,٨ثا مع درجة حرارة احتراق منخفضة و جيدة (٢٣٧٨ كلفن) . الخلطة المفضلة هي: ٤٩٠ NC ، ٤٢٠ NG ، مركب PU ٤٠ ، dinitrodiphenylamine٢٠ ، Carbon black ٣ ، Candella wax ١ (لمساعدة العمل و لا تلتصق في الأواني) يعطي دفعا نوعيا ٢٣٩,٣ ثا مع درجة حرارة الشعلة تساوي ٢٨٤٦ كلفن . يستعمل هذا الأخير ككوردايت cordite لـ RPG مثلا أو يتم صبه في المحرك الصاروخي و تركه يتصلب .

يمكن تصنيع DB بتصليبه فقط مع مصلب مجموعة الـPU أي Diisocyanate . يسمىهذا النوع بالـCrosslinked double base و يرمز إليه بال XLDB .

هذه بعض الخلطات مع خواصها :

NC ٢٦,٤٧، NG ٥٠,٥، DBP ٠,٦٦ ، Nitrodiphenylamine ٠,٣٣ ، ٧,٦٩ Triacetin ، Zinc oxide ٠,٦٦ ، Carbon black ٠,٢، مغير للسرعة ٤ ، مصلب ٣,٥٣ الـPU . يصنع بطريقة الصب مع التصليب بالضغط . سرعة احتراقه ٢٦ملم /ثا .

هذه بعض الخلطات : يحتوي الكوردايت الروسي على: NC ٥١,٥، NG ٤٣، Ethyl ١ centralite ، ١١ ثنائي نتروتولوين . أما الأمريكي فيحتوي على NC ٤٧ ، NG ٣٧,٧ ، Ethyl centralite ١ ، Dimethyl phthalate ١٤ ، Carbon black ٠,٣ . أما الأمريكي المعمول بالبثق فيتكون من NC ٥١,٥ ، NG ٤٣ ، Ethyl centralite ١ ، ٣,٢٥ diethyl phthalate ، Carbon black ٠,٢ ، Potassium sulphate ١,٢٥ .

ملاحظات : غالبا ما تتحلل الـ NC و الـ NG فوق درجة حرارة التخزين أو العمل تقدر بـ ١٥٠ F أي ٦٥,٥ درجة مئوية .

- يضاف الـ Triacetin أو ملدنات خاملة مثل DBP إلى النتروجليسرين لتذويبه و بالتالي التقليل من حساسيته .
- هناك عدم توافقية مابين المسرع أكسيد الحديد و الوقود الـDB.
- توجد مشاكل حاصلة مع هذا النوع من الوقود ، حيث أنه يحصل تقلص لحجم الوقود بعد أن يتصلب في المحرك الصاروخي مما يغير الأبعاد كلها. عند استعمال طريقة الصب و لتجنب هذه المشاكل ينبغي استعمال طريقة التصليب بالـ Isocyanate أي استعمال البوليبوريثان كرابط.

الوقود الصاروخي المركب
Composite rocket fuel

مقدمة : يصنع الوقود الصاروخي من جزيئات دقيقة جدا من مؤكسد عضوي أو غير عضوي ، وقود معدني ، رابط بوليميري سائل ، مصلب للبوليمير ، ملدن و نسب قليلة من مكونات مغيرة للسرعة ، يتم صب هذا الخليط الناتج في المحرك الصاروخي وتركه ليجف و يتصلب . يؤدي البوليمير دور الوقود و كذلك دور الرابط لجزيئات الوقود الصاروخي كلها للحصول على الخواص الفيزيائية اللازمة .

مركبات الوقود الصاروخي

يحتوي الوقود الصاروخي على كل من المؤكسد و الوقود بالإضافة إلى مركبات أخرى.

المؤكسد :هو مركب غنية جدا بالأوكسجين . ينبغي أن يساهم المؤكسد في طاقة الوقود الصاروخي وأن يتحول عند احتراقه إلى جزيئات غازية بشكل كامل، فيستقبل الالكترونات من الرابط ليستعملها في الاحتراق . من بين المؤكسدات المستعملة في الوقود الصاروخي المركب: بيركلورات البوتاسيوم KCLO4 كان من أول المؤكسدات استعمالا إلا أن سلبيته أنه ينتج مواد غير غازية (كلوريد البوتاسيوم) عند احتراقه ، فيظهر دخان كثيف جراء ذلك . سرعة احتراق الوقود الصاروخي المصنع من بيركلورات البوتاسيوم غالبا ماتكون عالية ٠,٨-٠,٩ إنش / ثا عند ضغط PSI١٠٠٠ كذلك

كثافة الوقود تكون عالية قد تصل مابين ١,٨-٢,٠غ/سم٣ . أما الدفع النوعي فيكون في حدود ٢٠٠ثا . لا يستعمل هذا المؤكسد في الخلطات الحديثة . أما بيركلورات الأمونيوم NH4ClO4 فهو المؤكسد المختار قدر الإمكان و يمكن تصنيعه احتراقه ١٠٠% غازات ، قد يصل الدفع النوعي للوقود المستعمل فيه هذا المؤكسد إلى ٢٥٠ ثا . وقد تصل سرعة احتراق الوقود المستعمل فيه إلى ٠,٥ إنش/ثا . نواتج الاحتراق هي CO,CO2,H2,H2O ,N2و HCL كلها غازات.

يسبب الـHCL بعض المشاكل عند إطلاق الصاروخ في جو فيه رطوبة كبيرة حيث تصبح هذه الغازات ظاهرة للعين . تم استعمال نترات الأمونيوم NH4NO3 كذلك كمؤكسد بسبب وفرته وأن نواتج احتراقه غازية ١٠٠% . إلا أن درجة الحرارة المحررة من هذا النوع من المؤكسدات منخفضة ، لهذا فإن الدفع النوعي منخفض و لا يتعدى ١٨٠ثا . سرعة احتراقه مابين ٠,٠٥إنش/ثا إلى ٠,٢٧ إنش/ثا . يمكن الحصول على سرعة احتراق أعلى في حالة إضافة مغير لسرعة الاحتراق المناسب مثل دايكرومات الأمونيوم . تعتبر نترات الأمونيوم رطوبة و تجري تغيرا في حالتها فوق درجة حرارة ٣٢ م . بسبب هذه الحالة يتشقق الوقود المعتمد على هذا المؤكسد . كذلك يمكن استعمال بيركلورات الليثيوم LiClO4 إلا أن قلة توفره قللت من استعمالاته .

يستعمل الـAP غالبا بصنفين في تركيبة الوقود الواحدة تختلف في حجم جزيئاتها فتستعمل غالبا جزيئات بحجم ٢٠٠ميكرون و ٢٠ ميكرون (و خلائط أخرى) لتساعد على تغلغل الرابط بينها أثناء الخلط .

<u>مركب الوقود</u> : يؤدي هذا المركب دور الوقود في عملية الاحتراق بالإضافة إلى دور الرابط ، حيث أنه يربط مكونات الوقود الصاروخي ثم يتصلب لينتج لنا مركبا صلبا مطاطيا يشبه ممحاة قلم الرصاص في خواصها الفيزيائية . يمثل هذا الرابط غالبا نسبة ٥-٢٥ % من كمية الوقود الصاروخي . ينطوي الوقود على نوعين مهمين: استعمال وقود بوليمير متصلد حراريا Thermosetting polymer أو استعمال وقود من عائلة بوليمير مطاوع للحرارة Thermoplastic polymer . حيث أن الأول يتشكل من مادتين تضافان للوقود الصاروخي مثل نظام تصلب epoxy resin فهو من الراتنج resin و المصلب الخاص به Epoxide . أما البوليمير المطاوع للحرارة فهو مادة بوليميرية تذوب عند تسخينها وعندما تبرد ترجع لحالتها المطاطية ، من أهمها البوليمير المستعمل في اللصاق الحراري Hot melt glue . و لأن معظم البوليميرات المستعملة في المجال الصاروخي عليها حضر دولي مثل الـ PGN, PBAN, PBAA, CTPB , HTPB و

غيرها كثير ، يتوجب علينا تعويض النقص الحاصل في هذه المادة بمواد متوفرة في السوق التجارية العادية ، حيث يمكن استعمال الراتنجات المستعملة في مجال السيارات Epoxy resin فهي متوفرة مع ماتعطي من دخان عند الاحتراق ، و استعمال راتنج الـ Fiber glass حيث هو راتنج ممزوج من بوليسترين و بوليستر ، كذلك يمكن استعمال البولييوريثان Polyurethane resin المتكون من مادتين في هذه الخلطة ، يجب أن يعطي لُزوجة كافية قبل التصلب لإعطائنا زمنا كافيا للخلط و التعبئة و عدم استعمال مذيبات لأنها تترك فجوات عند تبخرها من الوقود بعد استعمال هذا النوع من البوليمير . يمكن كذلك استعمال مونومير الـ Plexiglass مع مصلبه . أما عند استعمال الصنف الثاني من الوقود الصاروخي وهو البوليمير المطاوع للحرارة فإنه بإمكاننا استعمال مذيب للوقود في حالة كون درجة حرارة ذوبان الوقود أقل من درجة الحرارة الحرجة عموما التي يحصل فوقها تحلل الوقود الصاروخي (١٤٥-١٧٧م) . يمكن استعمال أي نوع منها بشرط أن تكون درجة حرارة ذوبانها مابين ٨٠-١٢٥م . أما البولييوريثان النوع المطاوع للحرارة المستعمل لمواد مصلبة مثل الـIsocyanates فإنه توجد عدة أنواع من هذه الأخيرة منها : MDI و PAPI (سوائل لونها بني إلى أسود) التي تعمل على التصليب بشكل سريع ، أما IPDI (سائل شفاف خفيف القوام) فإنها قد تصل سرعة تصليبها إلى أسابيع ، كذلك الـ DDI (سائل لونه أصفر داكن) يصلب في زمن متوسط .

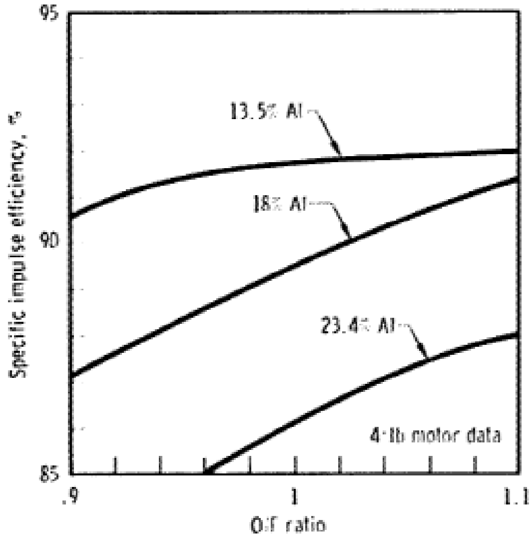
٣-الملدن : غالبا ما يستعمل ملدن في تركيبة الوقود الصاروخي وهو يعمل على تلدين البوليمير (حتى لا يتشقق) فيضاف عند الحاجة لذلك وهي سوائل ثقيلة القوام وتعمل على الحفاظ على عمر المواد البوليميرية . يمكن أن يكون من النوع الذي يساهم بطاقة أو بدونها . منها DEGDN, BTTN, DOP,DOA النتروجليسرين EGDN و غيرها ، المهم أن تكون مناسبة للبوليمير المستعمل في الخلطة . تمثل من ٠-١٠% من تركيبة الوقود الصاروخي العامة.

٤-عنصر مزود للحرارة : غالبا ما يتمثل في بودرة معدن من المعادن التالية: الألومينيوم Al حيث أن المطلوب جزيئات كروية بحجم ما بين ٥-٦٠ميكرون ، البورون B وهو أقوى من سابقه ، نقطة ذوبانه عالية حيث تساوي ٢٣٠٤م (لكنه غير متوفر بكثرة) ، البريليوم يحترق بصورة أسهل من سابقيه إلا أنه سام جدا عند الاحتراق (غير متوفر ولا يستعمل لسميته). نظريا كل من هدريد الألومنيوم AlH3 و هيدريد البريليوم BeH3 مواد أفضل من كل سابقاتها إلا أنها غير متوفرة . ترفع العناصر المزودة للحرارة درجة حرارة شعلة الوقود و بالتالي الدفع النوعي . و تخفض من عدم استقرار الاحتراق . ينبغي استعمال نسبة مابين ٠-٢٥ % .

يدخل الألومينيوم في نسبة الوقود (fuel)F بينما AP و RDX إن وجد تمثل الـ(oxidizer)O وزنا . تستعمل النسبة اللازمة لجعل نسبة الأوكسجين إلى الوقود O/F تساوي ١ أو مايساويه لجعل كفاءة الاحتراق قريبة من ١٠٠% .

حيث أن تركيبة بـ١٨% ألومينيوم فإن نسبة ١,٠٢ O/F تعطي كفاءة٩٠% ، بينما نسبة ١,٠٤تعطي كفاءة ٩٢% . أما تركيبة بها ١٣,٥% ألومينيوم فإن نسبة ٠,٩ O/F تعطي كفاءة ٩٠,٥% ، أما نسبة ١ O/F تعطي كفاءة ٩٢%.

انظر الشكل التالي :



٥-<u>مواد مغيرة لبعض الخواص الباليستية</u> : قد يتحتم علينا إضافة مواد مناسبة لرفع أو تخفيض سرعة احتراق الوقود الصاروخي حسب المتطلبات الباليستية أثناء تصنيع المحرك الصاروخي ، تفعل هذه المواد ذلك دون التأثير على قوة الوقود الصاروخي أي تعمل عمل المحفز Catalysor. من بين هذه المواد و أهمها أكسيد الحديد Fe2O3 كمسرع لونه برتقالي معروف حيث أنه يباع كمادة للتلوين في الأصباغ، ونستعمل فليوريد اللثيوم كمبطئ . كما أنه يمكن أن تضاف مواد تقلل من حساسية الوقود للزيادة السريعة في الضغط أثناء الاحتراق .

٦-مؤكسد عضوي (نترامينات) : تعتبر هذه المواد متفجرة في حد ذاتها من فصيلة النترامينات مثل HMX ، RDX ومواد متفجرة أخرى مثل NTO أو NQ تضاف بنسب قد تصل إلى ٥% من الوقود الصاروخي عند الرغبة في المحافظة على قوة الوقود الصاروخي و التقليل نوعا ما من درجة حرارة الشعلة الاحتراقية . تأخذ الـ ٥% منها محل ٥% من المؤكسد غير العضوي مثل الـ AP و قد يستعمل مع هذا الأخير كخلطة خاصة للحصول على Cocrystals أقل حساسية للرطوبة .

٧-مواد أخرى : تضاف مواد أخرى لتساعد في عملية الخلط مثل الشمع العادي للتزليق عند الوقود DB أو Triethanolamine أو Tepanol لكنها غير متوفرة .

طرق تصنيع الوقود الصاروخي الصلب المركب الـ Composite

توجد عدة طرق لتصنيع الوقود الصاروخي composite إلا أن أهم مشكلة تواجهنا للحصول على مركب نافع كوقود صاروخي هي عقبة تصنيع المؤكسد غير المتوفر وهو AP فيجب تصنيعه من مواد متوفرة و رخيصة بينما تواجهنا مشكلة أخرى هي أن الروابط Binders البوليميرية المعروفة والرخيصة والمستعملة في المجال الصاروخي عليها حضر دولي و هي صعبة التصنيع . لهذا ينبغي علينا البحث عن بدائل لهذه الروابط و استعمالها حتى لوكانت في الكفاءة نوعا ما أقل أو أن سعرها نوعا ما عال .

١-وقود صاروخي يعتمد على بوليمير متصلد حراريا

كما قد تم ذكره سابقا فإن المجال الصاروخي يستعمل نوعين من الروابط . روابط متصلدة حراريا Thermoset polymer و تتمثل في أغلب المواد غير المتوفرة في السوق وتعمل كزوج من المواد: مادة مونومير غير متصلب (غالبا مايكون سائلا) وهو Prepolymer و مادة مجففة لها Curative أو مصلبة (كذلك سائلة) . توجد أنواع كثيرة منها إلا أننا سنهتم بالبوليميرات الممكن استعمالها دون الحاجة إلى استيرادها . من بينها مادة متوفرة تسمى Epoxy resin و الـPolyurethane.

أ-وقود صاروخي مركب يعتمد على Epoxy resin :

نوع من أنواع الراتنجات حيث أنه متكون عامة من جزيء منخفض الكتلة لـ Diglicidyl ethers (Bisphenol A(BPA ، تتصلب Epoxy resins بأمينات أو ببولي أميد ، أو هيدريدات و مصلبات أخرى . تستعمل هذه المواد بشكل واسع في مجال اللصقات لأن لها خاصة التصاق جيدة مع الزجاج و الألياف . عندما تجف تصبح لديها مقاومة جيدة للمواد الكيميائية و لديها خاصية احتراق جيدة لأن لديها طاقة كامنة معتبرة و هي مواد عند احتراقها تتحول مباشرة من الهيئة الصلبة إلى الغازية . كذلك لديها خواص ميكانيكية ممتازة . السلبية الوحيدة في هذا الرابط أن سعره نوعا ما مرتفع ٢٠دولار للكيلوغرام و أن احتراقه يولد دخانا ظاهرا . بينما يمكن استعمال Fiberglass epoxy لكن بكفاءة أقل و سعره ٩ دولار للكيلوغرام . يجب أن لا تنبعث درجة حرارة عالية (أكثر من ١٢٠م) عند الخلط بينهما و إلا نغير من نسب خلط البوليمير إلى مصلبه Hardner or curative . وكمثال على خلطة للوقود الصاروخي معتمدا على هذا النوع من الروابط : ٦٥٠غ AP، ١٢٠غAL ، ٣٠غ IRON OXIDE ، ٢٠٠غ EPOXY RESIN لهذه الخلطة دفع نوعي يقدر بـ ٢٤٣ ثا مع درجة حرارة الشعلة ٣٠٢٠كلفن . ينبغي تحضير أي وقود صاروخي بزيادة ٥%

من الكمية الضرورية للمحرك الصاروخي (أو المحركات) لتستعمل هذه الزيادة في التأكد من نوعية هذه الخلطة بالذات كحساب سرعة الاحتراق، الدفع النوعي و حساب الكثافة . بعد وزن كمية بيركلورات الأمونيوم اللازمة نضعها في فرن درجة حرارته ١٠٠م للتخلص من أي رطوبة محتملة لمدة ٣٠ د . بعدها نستعمل مطحنة البن لطحنها (نعبئها للنصف) نتركها تطحن لمدة ١٠ دقائق ثم نمررها عبر شاش رقيق جدا للحصول على غبار AP و نسميه ذو جزيئات ناعمة جدا نستعمل ثلث كمية الـAP المقررة من هذا الحجم ، أما الباقي الذي لم يمر عبر الشاش فنقول عنه أنه ناعم و نستعمل الثلثين منه (يمكن تعديل هذه النسب للتأثير في سرعة الاحتراق) . لو كان لدينا منخل (غربال) معلوم رقمه ٧٠ (٧٠ ثقب في الإنش) نستعمله للحصول على جزيئات بحجم ٢١٠ميكرون أما منخل رقم ٤٠٠ فيعطينا حجم ٣٧ ميكرون و هذه مناسبة.

يتم أولا خلط أكسيد الحديد مع AP بشكل جيد في حاوية بلاستيكية مربوطة بسير مع محرك دوار و توضع بداخلها كريات من الكرستال أو السيراميك للخلط الجيد ، تحتاج ١٠٠غ إلى ساعة كاملة مع سرعة دوران ٣٠د/د . ينبغي وضع كمام لعدم استنشاق الغبار ، يتم وزن الـ Epoxy resin اللازم ، ويحضر بخلط المصلب مع الResin مع تسخينه إن أمكن قليلا لرفع اللزوجة ثم إضافة أي مادة صلبة إليها مع البداية ببودرة الألومنيوم مع الخلط الجيد لمدة نصف ساعة كذلك ، ثم إضافة أي مادة سائلة إليهما مع الخلط الجيد ثم إضافة المواد الصلبة إلى السائلة قليلا قليلا مع الخلط الجيد .

بعد الخلط نقوم بإجراء شفط الهواء Vacuum لمدة نصف ساعة على الخلطة ثم يصب الوقود في القالب المناسب (المحرك الصاروخي) و يترك ليجف مع مراقبة العينة الزائدة متى جفت تماما لإجراء تجارب عليها . يمكن تسريع عملية التصليب بوضع هذا الوقود عند درجة حرارة ٦٥م لعدة ساعات و يعتمد ذلك على التجريب . ينبغي تجهيز القالب أو حاوية المحرك بطلي الجدار الداخلي بمادة لاصقة مناسبة و ضبط الشكل البارز للنجمة (تشكل لنا أنثى النجمة فراغا و تجويفا داخل الوقود بعد صبه لتشكل لنا مساحة الاحتراق اللازمة و المحسوبة بعناية .أنظر ملف مساحة الاحتراق)

.يمكن استعمال النتروجلسرين (أو EGDN) كملدن ذو طاقة للـEpoxy resin ، ذلك للتقليل من كمية هذا الأخير ورفع الطاقة فتصبح الخلطة AP٦٥٠ ، Al١٦٠ غ ، ١٠غ iron oxide ، ١٤٠غ epoxy resin، ٦٠غ NG ليعطي دفعا نوعيا ٢٥٤ ثا أما عند عدم إضافة النتروجلسرين فتكون في حدود ٢٥٠ لكن الخلطة تكون قوامها أكثر كثافة.

ب- وقود صاروخي مركب يعتمد على البوليبوريثان كرابط :

غالبا ما تمثل روابط الـpu مابين ٥-٢٥% من نسبة الوقود الإجمالي حسب الخواص الفيزيائية و البالستية المرغوبة ، مع ذكر البوليبوريثان كرابط ينبغي ذكر أن البوليبوريثان أنواع (يتشكل من polyol و يتصلب بالـ diisoyanate) ومنها: على أساس ethyl cellulose أو على أساس Polyester (مثل neopentylglycol azelate (NPGA)) أوعلى أساس Polyether مثل polyoxypropylene diol (PPG) ، أو على أساس Butadiene مثل hydroxyl- terminated polybutadienes (HTPB) حيث تعتبر هذه أسس لمتعددات مجموعة أُول polyol تتصلب مع أي نوع يتضمن Diisocyanate. يمكن خلط ملدن ذو طاقة مع البوليبوريثان بنسب مابين ٥٠-٦٠% من نسبة البوليبوريثان ، كالنتروجليسرين أو EGDN لرفع لزوجة المواد السائلة وزيادة الطاقة ، أو ملدنات خاملة مثل Diocthyl phthalate DOP لكن بنسب أقل مثلا ١-٢% من النسبة الإجمالية للخلطة . يمكن إضافة مواد مغيرة للسرعة لغاية نسبة ٢% ، و ١% من مواد مقللة من الدخان مثل الكربون . كما يضاف بودرة الألومينيوم و قد تصل نسبته إلى ٢٢% ، بجزيئات قطرها مابين ١٠٠ إلى ١٣٠ ميكرون . بينما يستعمل المؤكسد مثل بيركلورات الأمونيوم بنوعين من الأحجام النوع الأول بحجم ١٨٠-٢٢٠ ميكرون(ثلثي كمية المؤكسد) و الحجم الثاني أقل من ٥٠ميكرون (ثلث كمية المؤكسد) . تضاف مواد مسرعة للتصلب غالبا في المجال الصناعي إلا أنها تكون محضورة غالبا، منها: Triphenyl bismuth (TPB) أو Dibuthyltin dilaurate بنسب ٠,٠١%.

توضع المواد البوليميرية في الخلاط أولا (الرابط ، الملدن ، مسرع الربط) و تخلط جيدا ، تضاف مغيرات السرعة ثم المواد المصلبة و مسرعات الربط مع الخلط الجيد تضاف بودرة الألومينيوم ثم المؤكسد مع الخلط الجيد وشفط الهواء من الخلطة ويصب في المحرك و يترك عند درجة حرارة ٦٥ م لعدة أيام (إذا تم إضافة مسرع الربط ، ننتظر عدة ساعات) . هذه خلطة مفضلة : AP ٦٥غ ، Al ١٤غ ، Iron oxide ١غ ، PU ١٤ غ ، EGDN ٥ غ ، Carbon black١غ . خواص هذه الخلطة Isp ٢٥٠,٣ ثا ، Flame temp. ٣٣٤٩ كلفن .

٢-وقود صاروخي يعتمد على thermoplastic polymer كرابط :

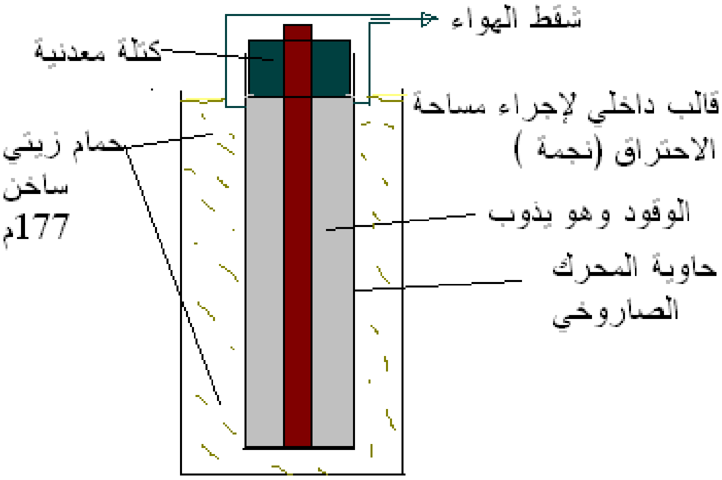
ينبغي استعمال رابط من النوع المطاوع للحرارة ، و كمثال لما لا يمكن استعماله للوقود الصاروخي الذي درجة حرارة ذوبانه فوق درجة حرارة الأمان لدى المواد المؤكسدة و هو : SBS من النوع المستعمل في إطارات السيارات ، بالرغم من أن هذا البوليمير مطاوع للحرارة إلا أن درجة حرارة ذوبانه العالية لا تسمح لنا بتشكيل خلطة صاروخية ، كما أننا لا نريد استعمال بوليميرات ذائبة بمذيبات متطايرة(إلا في الحالات الخاصة) لأنها تترك لنا فراغا بعد تبخرها فتزيد من كثافة الوقود و بالتالي مساحة احتراقه تكون أكثر من المقرر و لا يمكن حسابها (سطح مسامي و هذا محظور) . يجب استعمال بوليمير درجة حرارة ذوبانه منخفضة نوعا ما مثل الـ Hot melt glue الذي درجة ذوبانه ١٠٠م ، نعمل عند ١٢٠م حتى يسيل هذا الوقود من جراء ذوبانه و يمكن إضافة القليل من المواد الملدنة إليه (درجة حرارة تطايرها منخفضة) لزيادة سيلانه . و ينتج وقودا بالخواص الفيزيائية اللازمة بعد التأكد منها بالتجريب . توجد أربعة طرق لتحضير وقود صاروخي ببوليميرات مطاوعة للحرارة :

أ- ننتخب بوليمير درجة حرارة ذوبانه منخفضة أي لا تزيد عن ١٢٠م . مثل الـ Hot melt glue ، نقوم بتسخين الكتلة المطلوبة ثم نضيف إليه ملدنا مناسبا مثل الجاز الأبيض (الكيروزين C12 H26) أو زيت الخروع بكمية بسيطة لكي نزيد من سيولته ، بعد تحضير المواد الصلبة بالوزن المطلوب كما ذكر سابقا في هذا الملف نقوم بإضافتها قليلا قليلا عند درجة الحرارة ١٤٠م و التحريك ثم نشفط الهواء و نبدأ بإضافة الوقود في القالب المغمور في حمام زيتي عند ١٤٠م نضيف الكمية كلها مع الزيادة و إجراء كبس مع المحافظة على درجة الحرارة . ثم نتركه يبرد ببطء ليتصلب. يجب إجراء التجارب الكاملة على خلطات مختلفة لمعرفة الدفع النوعي و الكثافة و الخواص الفيزيائية . أو يمكن أن ننتخب بوليمير درجة حرارة ذوبانه منخفضة أي لا تنقص عن ٨٠م : من بين البوليميرات المناسبة اللبان (العلكة) . حيث يتم التخلص من السكريات والمواد المنكهة الأخرى بإذابته في الماء الساخن ثم نجففها و نلدنها بمواد ملدنة بعد تذويبها بالحرارة بنسب بسيطة من بين الملدنات الممكن استعمالها زيت الخروع ثم إضافة Epoxy resin بنسب بسيطة مع الخلط الجيد بعدها تضاف المواد الصلبة (الألومنيوم ، AP ، RDX) مع الخلط و الشفط . كمثال آخر غير اللبان (لأنه غال) لكن بدرجة حرارة ذوبان عالية نوعا ما نستعمل الـPolyethylene هوبلاستيك الأكياس التجارية وهو متوفر جدا ، بحيث يتم تذويبها عند ٢٠٠م ثم يضاف إليها زيت الخروع أو زيت بذرة الكتان أو الشمع ، حتى تتلدن و تذوب ، بعدها يضاف الـ Epoxy resin

عند درجة حرارة ١٠٠-١٣٠ م نبدأ بعدها بإضافة المواد الصلبة مع الخلط الجيد و الشفط . نجري عدة تجارب لنتأكد من الخلطة المفضلة . من الخلطات الممكنة بهذه الطريقة :

- اللبان + ملدن (إما زيت الخروع أو الجاز الأبيض تحت ١٢٥م) + بودرة الألومينيوم + المؤكسد + Epoxy resin قد تصل نسبته إلى ٣% يضاف هذا الأخير لرفع درجة حرارة ذوبان الوقود الصاروخي .مثال : ٨غ لبان ، ٨ غ جاز أبيض (أو زيت الخروع) ، ٣غ Epoxy ، ١٢غ ألومينيوم ، ٦٩غ AP .
- Polyethylene + ملدن زيت الخروع (أو زيت بذرة الكتان) بنفس الطريقة السابقة و نفس النسب .
- Hot melt glue + الجاز الأبيض بنفس النسب السابقة .
- يمكن إذابة بودرة الـPVC ثم إضافة ملدن مناسب إليه و خفض درجة الحرارة إلى مابين ١٥٠-١٧٧ م (لا نزيد عن ١٧٧م لوجود خطر عدم استقرار المواد الصلبة) حيث نبدأ بإضافة المواد الصلبة بعد تذويب الـPVC ثم نقوم بإضافة DOP(يتم الحصول عليه برفع درجة الحرارة في جهاز تقطير يحتوي على Plasticized PVC وهو مستعمل كخرطوم مقطع إلى قطع صغيرة ليتبخر DOA Dioctyl adipate و يتم تكثيفه لنتحصل على سائل زيتي ثقيل القوام) .وكذلك يمكن إضافة اللبان أو hot melt glue إلى الـpvc الذائب ليصبح الكل يذوب في درجة حرارة منخفضة نوعا ما . ينبغي الإشارة على وجوب تطوير خلطة رخيصة بخواص فيزيائية و باليستية مناسبة . يمكن إضافة مؤكسدات عضوية كالـRDX أو الـ NTO . (للتطوير خلطة باستعمال بوليمير المستعمل في شباشب النطاطة FLIP-FLOPS لاستعمالها عوض الـ PVC). استعمال الـ PVC على شكل بودرة و ليس كتلة كاملة و تثبيت درجة الحرارة على الأقل ٤ ساعات.

ب- يمكن إذابة البوليمير بمذيب عضوي مثل التولوين أو مذيب مناسب مثل Methyl ethyl ketone ثم إضافة المواد الصلبة . نجفف الخليط مع استرجاع المذيب و تقطيره لنتحصل على وقود على شكل صلب بعدها نذيب الخليط عند ١٥٠م ونصبه في المحرك الصاروخي مع كبسه ليجمد بعد أن يبرد . ينبغي الإشارة هنا أن البوليمير الممكن استعماله بهذه الطريقة هو البوليمير الذي درجة حرارة ذوبانه أقل من ١٧٧م . كمثال لذلك يمكن استعمال hot melt glue . ١٥,٧جزء وزنا يتم خلطها ب٢٥ جزء تولوين (أو مذيب مناسب ويتبخر بسهولة) عند درجة حرارة ٢٣م ثم نضيف مواد مصلبة إن أمكن Isocyanates بـ ٠,٣ جزء بعدها نضيف ١٦ جزء من الألومينيوم و ٦٨ جزء AP (بأحجام جزيئات مختلفة كما ذكر سابقا) . يتم تبخير التولوين وتقطيره لاستعماله في المرة القادمة . ثم نترك الخلطة لمدة معرضة للهواء حتى تزول رائحة التولوين من الخليط (٣ أيام) . يتم تقطيع الوقود إلى كريات صغيرة . يتم وضع الوزن اللازم منها في المحرك الصاروخي و التسخين عند ١٥٠م مع الكبس و يترك ليبرد فيتصلب.



ج- هناك طريقة أخرى لاستعمال مواد بوليميرية درجة حرارة ذوبانها تحت177 م أو حتى ١٢٥م. حيث بإمكاننا خفض درجة حرارة البوليمير تحت درجة حرارة الزجاجية Glass transition temperatureحيث يمكن طحنه كمسحوق بحجم ١٠٠ميكرون(يمكن الحصول على هذا المسحوق بطريقة Spray drying). نجفف المواد الصلبة الأخرى جيدا لنخلط الكل مع إضافة ملدن مثل DOP و صبه في المحرك المغمور في حمام زيتي ساخن (زيت نباتي لا يولد دخانا) مابين ١٥٠م-١٧٧م . نبدأ بغمر المحرك تدريجيا في الزيت الساخن لنسمح للوقود في أسفل المحرك أن يذوب أولا ثم نغمره أكثر لنتحصل على إذابة من تحت إلى فوق . في نفس الوقت نجري ضغطا من فوق المحرك بوضع كتلة معدنية تضغط الوقود مع شفط الهواء . ينبغي أن تكون درجة الحرارة ١٥٠-١٧٧ م فوق درجة حرارة ذوبان البوليمير المستعمل . يمكن إجراء هذه التجربة على الـ PVC حيث يتم طحنها في درجة حرارة الزجاجية (ننتخب plasticized pvc النوع المستعمل في خراطيم المياه حبذا لوكانت شفافة نقطعها إلى أجزاء صغيرة) تخلطها مع المواد الصلبة و الملدن المطلوب هو Diocthyl phthalate (DOP) و يمكن الحصول عليه بتقطير كمية من الـ Plasticised PVC ، فنتحصل من التقطير على سائل زيتي ثقيل القوام . (الملاحظ أن DBP المتحصل عليه من طلاء الأظافر بكحول الإيثانول لا ينفع لأن سعره غال حيث تحتوي كمية طلاء الأظافر فقط على ١٠%) ثم نرفع درجة الحرارة مابين ٣٢٥-٣٥٠ F (١٦٢ م -١٧٦,٦ م) لمدة ساعة أو أكثر في حمام زيتي حتى تتلدن الخلطة إلى كتلة مطاطية نتركها تبرد نتأكد من ذوبانها مع كبس المواد و شفط الهواء.

عند تعبئة الخليط الجاف ينبغي أن تكون التعبئة في الحاوية وهي تهتز بإجراء اهتزاز عليها من جسم لدائني . يتم إدخال المحرك في الحمام الزيتي بالتدريج لكي يبدأ ذوبان الوقود من القاع، نشفط للهواء إلى قيمة ١٠سم زئبقي ونحافظ عليه . نضع حساسا للحرارة Thermocoupleمابين الكتلة

الضاغطة و الوقود لكي نتعرف على درجة الحرارة في أعلى قمة الوقود بعد غمسه ثم نتركه يذوب لمدة ساعة كاملة . الكتلة الضاغطة تعمل على كبس الوقود بوزنها ، ينبغي أن تساوي ٥-١٥ psi حوالي ٠,٣٥-١,٠٥كغ/سم٢.

د- وقود صاروخي يعتمد على رابط الـ Plexiglass :

الاسم العلمي لهذا البوليمير Methyl methacrylate polymer وهو البوليمير المعروف و المستعمل كزجاج بلاستيكي شفاف و قوي اسمه التجاري Plexiglass or Perspex(sheet or rod) or Diakon (powder). نستعمله كمادة بوليميرية في الوقود الصاروخي، حيث يتم أولا الحصول على مونوميرات الـ Methyl methacrylat منه و ذلك من عملية Depolymerisation بلمرة عكسية.

الخطوة الأولى : نأخذ ٢٥ غ من بودرة الـ Plexiglass و نضعها في حاوية زجاجية سعة ١٠٠ملل موصول بها جهاز تقطير فعال (ثنائي السطح) ثم نسخنه برفق ، عند وصول درجة الحرارة إلى ٣٠٠ درجة يتلين البوليمير و تحصل له Depolymerisation بلمرة عكسية سريعة إلى المونومير Methyl methacrylate الذي يتبخر و يتكثف بسهولة و سرعة ، نستمر في التبخير إلى بقاء راسب أسود قليل ٣-٤غ . نضع الناتج في الثلاجة و بعد ٢٤ساعة يكون الناتج من طبقتين ، الطبقة العلوية هي اللازمة يمكن استعمالها مباشرة بعد عزلها في عملية البلمرة أما إذا رغبنا في الحصول على ناتج أكثر نقاوة نقوم بإعادة تبخير و تكثيف السائل المتحصل عليه بتسخينه عند درجة حرارة ما بين ١٠٠-١١٠م و أكثره عند ١٠٠-١٠٢م . نتحصل على ٢٠غ مونومير . إذا رغبنا في تخزينه نضيف ٠,١غ Hydroquinone ليعمل كمثبت و مانع للبلمرة.

بلمرة الـ Methyl methacrylate : نضع حوالي ١٠غ من سائل Methyl methacrylate في أنبوب اختبار و نضيف عليه ١٠-٢٠مليغرام من Benzoyl peroxide . نحكم إغلاق الأنبوب و نسخنه في حمام مائي أو زيتي عند درجة حرارة ١٠٠م ، بعد ٢٠-٢٥ دقيقة يبدأ السائل فجأة في التخثر و يصبح ثقيل القوام و يتحول إلى كتلة صلبة شفافة بوليميرية.

ملاحظة : di- Benzoyl peroxide هو مصلب يستعمل لتصليب البطانة Polyester Fiber المستعملة في السيارات وهي متوفرة بكثرة و استعمالاتها مدنية يمكن استعماله عوض عن Benzoyl peroxide الذي يحتاج إلى تسخين الخليط لتذويبه. يبدأ المونومير في الغليان عند درجة الحرارة تلك مما يسبب ناتج به فقاعات كثيرة و لتجنبها يجب إجراء عملية البلمرة تحت ضغط (حبذا

لوكان الهواء الضاغط خاملا مثلا غاز النتروجين) و بالتالي ترتفع درجة غليان المونومير فوق ١٠٠م فلا يغلي و يمكننا إجراء البلمرة بسهولة و الحصول على ناتج ليس به فقاعات.

مثال تطبيقي:

خطوات العمل: طحن أو كسر الـ Plexiglass

إدخاله في جهاز التقطير

بداية التقطير

ناتج التقطير الأولي

نتركه لمدة ٢٤ساعة في الثلاجة فتظهر طبقتان ، الطبقة العلوية هي Methyl methacrylate نفصلها عن الخليط و يمكن استعمالها مباشرة في تصنيع الوقود الصاروخي أو نعيد إرجاع الناتج إلى جهاز التقطير ليصبح خالص ١٠٠% على درجة حرارة ١٠٠-١١٠م لا أكثر وإلا تبخرت الطبقة الزيتية السفلية مع الطبقة المرغوبة. من ١٣٠غ Plexiglass تم الحصول على ١٢٠غ خليط منه ٩٥غ مونومير.

إعادة تقطيره يمكن الفقدان في كمية المادة المطلوبة جراء هذه العملية لكن الناتج يكون خالصا.

الملاحظ أن الراسب من تبخر الـ Methyl methacrylate لا يمثل شئ تقريبا.

عند الرغبة في بلمرته إلى الـPlexiglass نقوم بالتالي :

بعد الخلط لا يزال السائل خفيف القوام جدا:

بعد عملية البلمرة على حمام مائي ٩٠–٩٥م نحصل بعد حوالي ٢٠دقيقة بداية تخثر ثم بعد ٣٠د تصلب المادة كلية حتى وهي ساخنة . يلاحظ وجوب إجراء العملية تحت ضغط لأن غليان المونومير يسبب فورانا.

ملاحظة: لون المونومير Methyl methacrylate أبيض شفاف ، الون البربقالي في التجربة سببه تلوث حاصل من جهاز التقطير.

الملاحظ كذلك أن المونومير خفيف القوام جدا يشبه قوام كحول الإيثانول، فهو يساعد كثيرا في خلط مواد الوقود الأخرى.

تصنيع الوقود الصاروخي:

نحضر الكمية اللازمة من المونومير Methyl methacrylate و نخلطه مع مايناسبه من المصلب أولا ثم نضيف بودرة الألومينيوم ثم بيركلورات الأمونيوم (محمص جيدا و يخلط بحجمين مضاف إليها أكسيد الحديد) (أنظر عمليات الخلط المذكورة سابقا) و الخلط الجيد مع شفط الهواء ، تتم تعبئة الوقود في المحرك و يوضع في الفرن عند درجة حرارة ١٠٠م مع إجراء ضغط بغاز النتروجين و الكبس الميكانيكي (يمكن ذلك بوضع كتلة معدنية) إن تطلب الأمر ، بعد ساعة كاملة يسحب و يترك ليبرد ببطء. تعتمد هذه التركيبة على ٦٦غ بيركلورات الأمونيوم ١٥غ بودرة الألومينيوم ، ١غ أكسيد الحديد و ١٨غ Plexiglass (مونومير و مصلب). تعطي هذه الخلطة دفعا نوعيا قدره ٢٥٠ثا ، درجة حرارة الشعلة ٣٣٧٨كلفن و *C ٤٩٧١,٩قدم للثانية.

ملخص: تتلخص الخلطات الممكنة كالآتي:

١- Polyurethane + Al + AP (+ EGDN)
٢- Epoxy resin + Al + AP(+ EGDN)
٣- Al + AP + لبان + ملدن + epoxy resin
٤- Al + AP + Hot melt glue + ملدن +epoxy resin
٥- Al + AP + Polyethylene + ملدن +epoxy resin
٦- Al + AP + PVC + ملدن
٧-Al + AP + Hot melt glue (PVC) + ملدن باستعمال مذيب أو طحن البوليمير .
٨ – Plexiglass + Al + AP

ملاحظات عامة :

- يجب استعمال ملدن في البطانة المستعملة في جدار المحرك مشابه لملدن الوقود ، بسبب حصول هجرة بينهما (خروج ملدن الوقود إلى ملدن البطانة و العكس صحيح) إلى أن يتشكل توازن في هذه الهجرة . كون أن الملدن نفسه يسمح بوجود توازن .فتنخفض كمية الملدن في الوقود فيصير قابلا للانكسار.
- الملاحظ عمليا أن إجراء شفط للهواء أثناء خلط الوقود الصاروخي يزيد من درجة اللزوجة.

- يكون الشكل النجمي للقالب البارز الخاص بتشكيل مساحة الاحتراق من الألومينيوم مغطى بالـTeflon أو طرق خاصة .

- غالبا ما يتم تغطية بودرة الألومينيوم بالكروم بترسب كيميائي من محلول Dichromate . تكون نسبة الكروم المغطية للألومينيوم ٠,١٣٦% من كتلة الوقود الاجمالية. يخشى من تفاعل أي رطوبة ممتصة من بيركلورات الأمونيوم مع الألومينيوم في الخلطات التي تحتوي علىكمية ألومينيوم مرتفعة .

- سعر بعض المواد بالتسعيرة الحكومية للاطلاع و المقارنة فقط :

Table V.—1967 Ingredient Prices (ref. 12)

Ingredient	Designation or symbol	Price, dollars/lb
Oxidizers and fuels:		
Ammonium perchlorate	AP	$ 0.18
Cyclotetramethylene tetranitramine	HMX	1.25
Cyclotrimethylene trinitramine	RDX	0.25
Aluminum powder	Al	0.32
Beryllium powder	Be	40.00
Polymers:		
Polybutadiene-acrylonitrile-acrylic acid	PBAN	0.68
Polybutadiene-acrylic acid	PBAA	0.70
Carboxy-terminated polybutadiene	CTPB	2.50
Hydroxy-terminated polybutadiene	HTPB	2.50 (1)
Polysulfide	PS	2.90
Polypropylene glycol	PPG	0.17
Polyurethane polyether	PU	0.35
Nitrocellulose (plastisol grade)	PNC	4.00
Plasticizers:		
Hydrocarbons	. . .	0.13
Nitroglycerin	NG	0.30
Triethyleneglycol dinitrate	TEGDN	1.85
Trimethylolethane trinitrate	TMETN	3.00
Organic esters	. . .	0.50–0.60
Curing agents:		
Polysulfide curing mixture	. . .	0.25
Epoxide resins	. . .	0.30
Tolylene diisocyanate	TDI	0.32
Hexamethylene diisocyanate	HMDI	3.00
Aziridines	. . .	25.00
Additives	. . .	2.00

(1) Since the survey reported in reference 12, a supplier has offered an HTPB polymer at $0.55 per pound.

الوقود الصاروخي الصلب عالي الطاقة HEC

مقدمة

المركبات ذات الطاقة العالية مثل وقود الصواريخ ، المتفجرات و المركبات المولدة للغازات ، تحتوي على جزيئات صلبة مثل المؤكسدات و الوقود و التي يتم توزيعها بانتظام و تثبيتها عبر الرابط Binder الذي يكون غالبا بوليمير Elastomer polymer . كانت الروابط المستعملة سابقا في الوقود الصاروخي لا تحتوي على طاقة كامنة في حد ذاتها Non-energetic polymer مثل الـ polybutadiene, polycaprolactone ,polyethyleneglycol لكن منذ ١٩٥٠زاد الاحتياج إلى وقود صاروخي عالي الطاقة و بالتالي إلى روابط تحتوي على طاقة في حد ذاتها . كان النتروسليلوز في بداية الأمر الرابط الوحيد ذا طاقة ، غير أن خواصه الفيزيائية كانت غير كافية لجعل الوقود الصاروخي يتعدى قطرا معينا . في نفس الوقت تم استعمال روابط خاملة بالإضافة إلى ملدنات تحتوي على طاقة مثل النتروجليسرين و BTTN و TEGDN . كذلك فقد تم الاقتراح بإضافة ملدن خامل أو غير خامل للنتروسليلوز لتحسين الكفاءة والخواص الفيزيائية لهذا النوع من الوقود . لم تصل كل تلك الاقتراحات السابقة إلى مركب وقود صاروخي جيد يستعمل رابطا به طاقة كامنة. ولهذا فقد كانت الحاجة دائمة للزيادة من طاقة الوقود الصاروخي باستعمال رابط به طاقة كامنة و يعطينا وقودا صاروخيا بمواصفات فيزيائية جيدة. منذ ١٩٥٠ تم استعمال رابط بطاقة كامنة وهو PGN polyglycidyl nitrate في التجارب و البحوث فحسب و قد تم التعرف على أن PGN يعتبر رابطا ممتازا من حيث الخواص الباليستية و الفيزيائية لكن لحد التسعينات لم يتم اكتشاف طريقة سهلة لتصنيعه ، إلى عام ١٩٩٢ تم اكتشاف طريقة سهلت تصنيعه .

تصنيعه

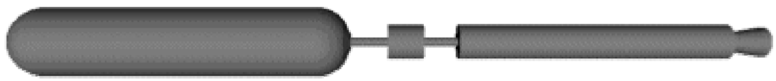
ينترج الجلسيرين بمعامل نترجة واحد على الأقل في مذيب لتشكيل محلول نتروجلسرين محتوٍ على ثنائي النتروجلسرين ثم يعالج بعامل متغير Cycling agent واحد على الأقل لتحويل ثنائي النتروجليسرين إلى نترات الجليسيديل Glycidyl nitrate والذي بدوره يبلمر إلى PGN .

المصادر : 5,120,827 6,362,311 5,801,325 6,730,181

يصل الدفع النوعي لهذا النوع من الوقود الصاروخي من ٢٦٠-٢٧٠ بسهولة مع خواص فيزيائية ممتازة. يصنع الرابط من الجليسرين إلا أنه يحتاج إلى مواد مطلوبة من الخارج للبلمرة لكن بكميات بسيطة .

الوقود الصاروخي الهجين

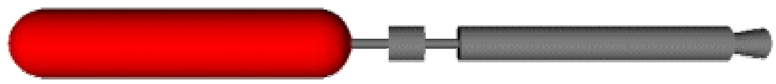
يعتبر الوقود الصاروخي الهجين Hybrid خليطا بين تكنلوجيا الوقود السائل و الوقود الصلب. الوقود الصلب مكون من مادة مؤكسدة و أخرى مرجعة تسمى في بعض الأحيان وقودا ، هذا الخليط المتجانس مع مواد أخرى يوضع في الحجرة الاحتراقية . للوقود الصلب استعمالات عدة في مجال الصواريخ التاكتيكية بسبب الجهوزية الفورية للإطلاق و سهولة نقلها. إلا أنها تعاني من مشكلة تتمثل في أنها بعد أن يتم الإشعال فلا مجال للتحكم في الصاروخ بإطفاءه أو تخفيض الدفع . كذلك فهي غير سهلة التصنيع من حيث أن بعض المواد الأولية مفقودة. لقد تم تطوير النظام الهجين كمحاولة للتغلب على بعض سلبيات الوقود الصلب بالإضافة إلى سلبيات الوقود السائل .



يتكون هذا النظام من مكون صلب هو المُرجع و يسمى مجازا بالوقود Fuel و يكون مخزنا في الحجرة الاحتراقية ذاتها ، بينما المؤكسد يكون على شكل سائل و يخزن في حاوية منعزلة تتحمل الضغط العالي. يمتاز نظام الدفع باستعمال الوقود الهجين عن مثيله المستعمل للوقود الصلب في أن لديه غالبا دفعا نوعيا أعلى نوعا ما و قدرة تحكم أعلى في الدفع ، و يتم ذلك بإشعاله و إطفائه عند الحاجة و التقليل و الزيادة في الدفع كذلك . بالإضافة إلى أنه يحتوي على قطع ميكانيكية أقل تعقيدا من نظام الدفع بالوقود السائل و كلفة تخزينية أقل . ليس فيه خطر تواجد تشققات أو فقاعات في الوقود .

يتم اعتماد طريقة جديدة في رفع كفاءة الوقود الهجين و ذلك بإضافة نسبة بسيطة من مؤكسد في المادة الغنية بالوقود قبل عملية صبه في الحجرة الاحتراقية و يتم ذلك لرفع كفاءة النظام ككل.

المؤكسد:



تستعمل عدة أنواع من المؤكسدات أهمها:

– الأكسيد الأزوتي N2O Nitrous oxide غاز لا لون له ذو رائحة ميالة للحلاوة . وهو مخدر و يستعمل في طب الأسنان و معالجتها. يسمى أحيانا غاز الضحك. درجة حرارة غليانه هي –٨٩,٥م عند الضغط الجوي العادي. يتم تخزينه غالبا كسائل عند ضغط ٥٤بار. كتلة الجزيء تساوي ٤٤ غ/مول ، كثافة السائل تقدر بـ ١٢٢٢كغ/م٣ عند درجة حرارة ٢٠م . الضغط الحرج هو ٧,٧٢ميغاباسكال ، بينما درجة حرارته الحرجة هي عند ٣٦,٦م . يستعمل في الوقود الصاروخي

الهجيهن لأنه سهل التناول لا ينفجر و غير قابل للاشتعال و يمكن تصنيعه بسهولة و لا يحتاج إلى درجة حرارة كبيرة لكي يحرر الأوكسجين(٥٧٥م) عند بداية احتراقه ، بالمقابل فهو لا يوفر أوكسجينا كثيرا مقابل المؤكسدات الأخرى فعند تحلله 2N2O ---- 2N2 + O2 يعطي فقط ٣٦,٣٦% فقط أوكسجين من كتلته بالإضافة إلى كثافته غير العالية.

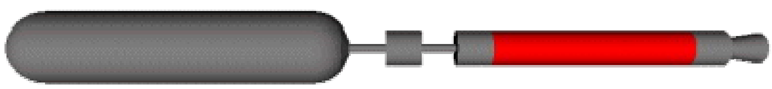
- الأوكسجين السائل O2 : كذلك يرمز له بالـ LOx لديه درجة حرارة الغليان تقدر بـ -١٨٣درجة مئوية عند الضغط الجوي العادي. للأوكسجين السائل كتلة مولية تقدر بـ ٣٢غ/مول و كثافة ١٢٦٥كغ/م٣ عند درجة حرارة ٢٠م. يمكن تصنيعه بسهولة من عملية التحلل الكهربائي للماء الذي به القليل من حمض الكبريتيك حيث يجمع من القطب الموجب ثم يضغط لضغط أكبر من ٥٠,٤بار ليبدأ في السيلان. يعتبر هذا المؤكسد أفضل المؤكسدات بالرغم من خطورته إلا أنه يوفر غاز الأوكسجين ١٠٠% مباشرة بعد تمرير السائل على محقن Injector ، كذلك كثافته مقبولة.

- N2O4 Nitrogen Tetroxide لديه درجة حرارة الغليان عند ٢١,٢م في الضغط الجوي العادي . كتلته المولية تساوي ٤٦,٠١ غ/مول مع كثافة السائل لديه بـ ١٩٠٣كغ/م٣ عند درجة حرارة ٢٠م . يمكن تصنيعه لكن بصعوبة من NO2 بعد تبريده و يصنع هذا الأخير من NO و الـ O2 بينما يصنع NO من NH3 و 5O2 في وجود حافز . يكثف و يسال هذا الغاز تحت درجة حرارة ١٥٧م بسهولة. كثافته النوعية تجعل هذا المؤكسد جذابا بالإضافة إلى نسبة الأوكسجين الوفير.

- حمض النتريك المركز الأحمر (وفرة في الأوكسجين لكن مشاكل في التخزين)

- غاز الأوكسجين غير المسال(يأخذ حجما كبيرا)

المرجع (الوقود)



- البولي إثيلين Polyethylene من النوع عالي الكثافة كثافته تقدر بـ ٩٦٠كغ/م٣ .

- Poly-MethylMethacrylate أو مايسمى بالـ Plexiglass لديه كثافة ١٦٨٣كغ/م٣ و كتلة مولية تقدر بـ١١٤غ/مول.

- Hydroxy terminated polybutadiene HTPB لديه كثافة نوعية ٩٣٠كغ/م٣ .

- PVC البوليفنيل كلوريد كثافته النوعية ١٣٨٠كغ/م٣ بلاستيك معروف و أكثر الوقود استعمالا . حيث وجد مؤخرا في بعض البحوث أن المرجع (الوقود) ينبغي أن يحتوي على نسبة ولو بسيطة من مؤكسد صلب معتمد مثل بيركلورات الأمونيوم أو بيركلورات البوتاسيوم. و يتم ذلك

أولا بإضافة بودرة PVC (يمكن الحصول عليها من برد قطعة من الـ PVC بطرق خاصة أو طحنه تحت درجة حرارة الزجاجية) و إضافة Dibutyl phthalate DBP بنسب متساوية عليها ووضعهما في خلاط بسعة ١كغ مع الخلط الجيد ثم يتم التخلص من أي رطوبة محتملة في بيركلورات الأمونيوم على ١٠٠م و إضافته بنسبة ٢٥% من كتلة الوقود الإجمالية و الخلط الجيد كذلك يفضل عند استعمال هذا النوع من الوقود استعمال بيركلورات البوتاسيوم (يصنع من بيركلورات الصوديوم و كلوريد البوتاسيوم) إلا أنه يعطي دخانا أكبر من بيركلورات الأمونيوم ، يتم صب الكتلة الإجمالية في القالب المناسب ثم التسخين لدرجة حرارة ١٣٠م لمدة ٤ ساعات. يمكن تجهيز وقود بنسب مختلفة من المؤكسد المضاف بـ نسبة٢ ، ٥ ، ١٠ ، ١٥ ، ٢٠ و ٢٥ % . يمكن صب الوقود مباشرة في الحجرة الاحتراقية أو في قالب ثم يتم لصق الوقود إلى جدار الحجرة الاحتراقية بلصقة تلعب دور العازل.

سرعة الانحسار Regression rate

يُترك المؤكسد يمر في حجرة تسمى حجرة المؤكسد منها يخرج عبر المحقن Injector يخرج الغاز بضغط عال يتم التحكم فيه عند ضغط ٣٥بار . قبلها يتم تشغيل الصاعق الاشتعالي في حجرة الوقود فيتم إشعال الوقود به مع وجود المؤكسد الذي يتبخر و يحترق على طول الوقود . السرعة التي يحترق بها الوقود تسمى سرعة الانحسار Regression rate و تحسب غالبا بالمتر /ثا.

المزج مابين سرعة احتراق الوقود (المرجع) و سرعة جريان المؤكسد تسمى بكتلة الدفق Mass flux و يحسب بالكيلوغرام لكل مترمربع ثانية ($kg / m^2 s$) تؤثر سرعة جريان المؤكسد في سرعة انحسار الوقود و تسمح لنا بكتابة معادلة لحساب سرعة الانحسار:

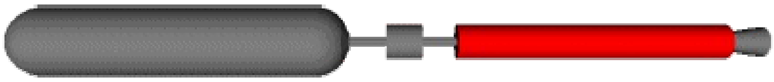
$$r = aG^n x^m$$

حيث أن r هو سرعة انحسار الوقود (م / ثا) ، و G هو كتلة الدفق و x هو طول الوقود المعرض للاحتراق ، a ,n,m ثوابت سرعة الانحسار. يفضل حساب هذه السرعة تجريبيا.

نسبة المؤكسد إلى الوقود O/F

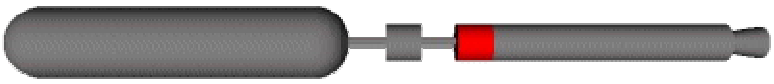
تتغير هذه النسبة حسب طول الوقود ، يمكن إجراء تجارب مع توقيف جريان المؤكسد (يجرى ضغطا متساويا في التجارب) و قياس التغيرات لمعرفة النسبة اللازمة مع مقارنة ماتم استهلاكه من مؤكسد .كلما كانت سرعة الانحسار أكبر كلما كانت الخلطة و قوة الوقود أفضل.

الحجرة الاحتراقية



الحجرة الاحتراقية تشمل مكان تخزين الوقود (المرجع) بالإضافة إلى حيز في مقدمة الحجرة و مؤخرتها. يحدد طول الحجرة الاحتراقية حسب شكل المرجع(أي بوابة واحدة أو عدة بوابات (أسطوانات بتجويف داخلي) أو نجمي) . كذلك كلما كانت الحجرة الاحتراقية طويلة كلما كان الاحتراق أكثر ثباتا لأن الطول الكبير يسمح للوقود إجمالا أن يختلط و يحترق جيدا. شكل المادة المرجعة يكون غالبا من بوابة واحدة لأسطوانة واحدة مما يسمح بكفاءة تعبوية جيدة أفضل من تصميم لوقود ببوابات متعددة (أسطوانات متعددة مثلا ٧) . السلبية في هذا التصميم المعتمد على بوابة واحدة هي كونها تحتاج غالبا إلى نسبة طول إلى قطر أكبر من التصميم الذي يعتمد على عدة بوابات. يمكن أن يكون التصميم ببوابات متعددة صغيرا و مدمجا مع نسبة طول إلى قطر مابين ٣- ٧ .

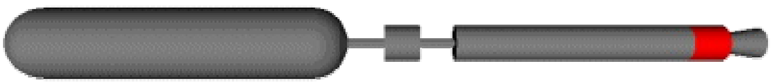
نظام الحقن Injection system



هناك طريقتان لحقن المؤكسد في الوقود داخل الحجرة الاحتراقية:

- الحقن المباشر في بوابة الوقود .
- الحقن في مقدمة حجرة الاحتراق و قبل الوقود و هو أكثرها استعمالا.

حجرة مابعد الحجرة الاحتراقية (مؤخرة)

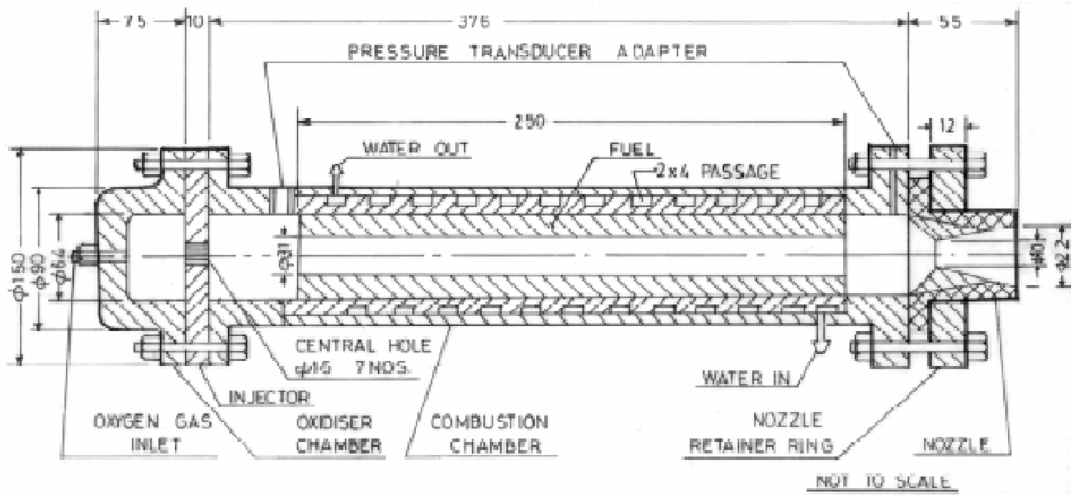


غالبا ما يتم استعمال هذه الحجرة لإكمال الاحتراق.

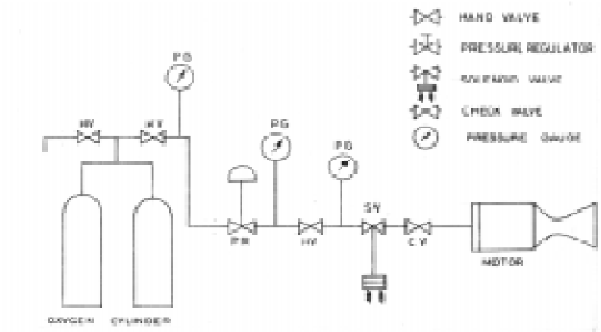
تطبيق:

يتم في هذا التطبيق محاولة معرفة نسبة المؤكسد على الوقود اللازمة و كيفية التأثير عليها بالإضافة إلى الرغبة في الحصول على محرك صاروخي بدفع عام مناسب و ذلك بوضع المحرك على جهاز قياس الدفع العام للمحرك مع التغيير في سرعة تيار المؤكسد و أشكال مختلفة لمساحات احتراق مع تثبيت نسبة المؤكسد إلى المرجع (الوقود) بـ 25% . يتم أولا تصنيع المرجع كالتالي:

حيث وجد مؤخرا في بعض البحوث أن المرجع (الوقود) ينبغي أن يحتوي على نسبة ولو بسيطة من مؤكسد معتمد مثل بيركلورات الأمونيوم أو بيركلورات البوتاسيوم. و يتم ذلك أولا بإضافة بودرة PVC يمكن الحصول عليها من برد قطعة من الـ PVC بطرق خاصة أو طحنها وهي في درجة حرارة الزجاجية و إضافة Dibutyl phthalate DBP (أو DOA) بنسب متساوية (إذا كان الـ PVC خام و ليس به ملدن أصلا و إلا فإن النسبة تقل أو تزيد حسب المنتوج) و وضعهما في خلاط بسعة ١كغ مع الخلط الجيد ثم يتم تحميص بيركلورات الأمونيوم بنسبة ٢٥% من كتلة الوقود الإجمالية و الخلط الجيد كذلك ، يتم صب الكتلة الإجمالية في القالب المناسب ثم التسخين لدرجة حرارة ١٣٠م لمدة ٤ ساعات. يمكن صب الوقود مباشرة في الحجرة الاحتراقية أو في قالب ثم يتم لصق الوقود إلى جدار الحجرة الاحتراقية بلصقة تلعب دور العازل. تم استعمال الأبعاد التالية: أسطوانة بتجويف داخلي أسطواني القطر الخارجي ٦٢ ملم أما الداخلي ٣١ملم ثم بعد أن يجف الوقود تماما نقطعه على طول ٢٥٠ملم . يتم إدخاله في أسطوانة قطرها الداخلي ٦٤ملم بالمادة اللاصقة الكابحة طول الحجرة الأسطوانية ٣٧٦سم مع أخدود خارجي أسطواني الشكل ٢ملم x ٤ ملم لمرور الماء للتبريد يمر على شكل حلزوني من استنلس استيل ssيتم استعمال حجرة ماقبل حجرة الاحتراق كذلك حجرة لترسيب غاز الأوكسجين المنطلق بسرعة ثم ليمر عبر المحقن . تستعمل اسطوانة من SS سمكها ١٠ملم بها ٧ فوهات بقطر ١,٥ملم واحدة في النصف و الستة حولها على بعد ٣٠ملم . نازل بمدخل قطره ٦٠ملم و مضيق قطره ١٠ملم و مخرج بقطر ٢٢ملم من الجرافيت مركب في مغلاق مشدود ببراغي مع المحرك سمكه ١٢ ملم من ss ، يمثل الشكل التالي ماتم تصنيعه:



يتم لصق الوقود في الحجرة الاحتراقية بترك حجرة ماقبل حجرة الاحتراق طولها ٥٠ملم و حجرة مابعد حجرة الاحتراق طولها ٧٦ملم يتم وضع طبقة كبيرة ١ملم من الكابح اللاصق ويوضع الكل على ١٣٠م لمدة ١ ساعة. يتم استعمال غاز الأوكسجين المسال التجاري مع منظم الضغط و صمام يشغل بملف لولبي (كهربائيا)، و صمام يترك التيار الغازي يمر باتجاه واحد و عدد من صمامات يدوية، يتم وضع منظم ضغط للحصول على الضغط المطلوب عند خروجه من الصمامات. يتم استعمال صمام لولبي باتجاهين يعمل بـ ٣٢ فولت للتحكم في مرور الأوكسجين و توقيفه عند الرغبة. يتم استعمال صاعق كهربائي تأخيري بـ ٠,٢ثا قبل الإشعال. يتم ربط الصاعق دون شد في بوابة الوقود العلوية .



يتم تركيب ساعة حساب الضغط لحساب ضغط الحجرة الاحتراقية ، يتم استعمال ضغط تيار الأوكسجين ٣٥ كغ/سم٢ (٣٤,٣٢ بار) يتم توقيف الغاز بعد ١٠ثوان مباشرة لحساب سرعة الانحسار. بعد كل إشعال يترك الوقت المناسب ليبرد المحرك لدرجة حرارة الغرفة . يحسب استهلاك الوقود . يتم وزن حاوية المؤكسد قبل و بعد أي احتراق لنحسب سرعة خروج المؤكسد وجد أنها تساوي١٥,٥غ /ثا +- ٠,٢١غ/ثا.

تم استعمال وقود دون مؤكسد AP فقد وجد أن سرعة الانحسار تتناقص باستمرار من قيمة ٦,٤ملم/ثا في المقدمة إلى ٤,٤٥ملم /ثا إلى طول حوالي ٠,٧٥ من طول الوقود ثم تتبع بزيادة تدريجية إلى ٥,٣ملم /ثا عند نهاية الوقود. عند إضافة مؤكسد بيركلورات الأمونيوم نسعى إلى رفع سرعة الانحسار مع زيادة طاقة الاحتراق و بالتالي درجة حرارة الاحتراق و طاقة التيار. عند استعمال نترات البوتاسيوم في تجارب كمؤكسد تزيد سرعة الانحسار إلى أن تصل نسبة النترات إلى ١٥% فحسب لا أكثر و كانت مساوية لـ ٩,٣٢ملم /ثا. كذلك الحال عند إضافة نترات الأمونيوم فإن سرعة الانحسار تصل إلى أقصى قيمة لها عند إضافة نسبة ١٠% وكانت ٦,٨٣ملم /ثا و قد تم الاستنتاج أن هذا الأخير لا ينفع في زيادة سرعة الانحسار. متوسط سرعة الانحسار في وقود دون إضافات وجد أنها تساوي ٥,١٧ملم /ثا ، أما بالنسبة للزيادة عند إضافة بيركلورات البوتاسيوم فكانت أقصاها ١٠,٠١ملم/ثا و ٩,٤٥ملم/ثا بالنسبة لبيركلورات الأمونيوم عند إضافة ٢٥% للمرجع لكليهما. بالرغم من أنه لم يتم إضافة الألومينيوم إلا أنني أتوقع زيادة في سرعة الانحسار مع إضافته

. يبقى القول أن إضافة نترات البوتاسيوم قد تغني عن إضافة بيركلورات الأمونيوم إلا أن حساسيته للرطوبة قد تمنع استعماله. بالإضافة إلى أن بيركلورات البوتاسيوم أفضلها على الإطلاق وهي غير حساسة للرطوبة لكنها تعطي احتراقا بدخان أكثر من احتراق وقود به بيركلورات الأمونيوم.

مثال تطبيقي :

الحصول على مسحوق بلاستيك PVC إما ببرده بمبرد أو تبريده لدرجة حرارة الزجاجية Glass transition Temperature حيث يصبح البلاستيك مثل الزجاج يكسر و يسحن (للكميات الكبيرة) . يتم كذلك تقطير Dioctyl adipate DOA وهو الملدن الموجود في بلاستيك الـ PVC الملدن (أكثرها احتواء لها هي النوع المستعمل كخراطيم المياه يكون غالبا مكتوبا عليها Plasticized PVC نقطعها إلى قطع صغيرة و نضعها في المكثف مع رفع درجة الحرارة إلى ٣٥٠م فيتقطر من الـ PVC، ينبغي جعل القطع صغيرة و ألا تكون بعيدة من النار ، نتحصل على سائل ثقيل القوام مثل القطران لونه أسود من احتراق الـ PVC نحاول التخلص من الكربون المحترق بترشيح DOA) . نخلط نفس الكتلة من DOA ٤غ مع ٤غ بودرة الـ PVC (الخام الذي ليس به ملدن أو تكون النسبة أقل) و نضيف بودرة بيركلورات الأمونيوم مع الخلط الجيد و يوضع الخليط في حمام زيتي على درجة حرارة ١٣٠م لمدة ٤ ساعات. هذه صور لتسلسل عملية إذابة الـ PVC بالـ DOA:

نلاحظ في آخر صورة بعد تبريده كيف أصبح الخليط صلبا لكن بخاصية لدائنية.

التعرف إلى أنواع البلاستيكات من الشعلة

يمكن التعرف إلى نوع البوليمير المصنع به منتوج معين بإشعاله و مراقبة الشعلة والرائحة المنبعثة و سرعة الشعلة . هذه أهم أنواع البوليميرات و مايتعلق بصفة الشعلة :

	لون اللهب	رائحة الاحتراق	سرعة	الكيفية	ملاحظات
PE	أزرق بطرف أصفر	رائحة البارافين	سريع	يتقطر	–
PP	أزرق بطرف أصفر	رائحة لاذعة	بطيء	–	–
ABS	أزرق بطرف أصفر	رائحة لاذعة	بطيء	مستمر	دخان أسود
PVC	أصفر بطرف أخضر	حمضي	بطيء	إطفاء ذاتي	لا يتقطر
PA	أزرق بطرف أصفر	صوت يحترق	بطيء	إطفاء ذاتي	يعطي رغوة
PET	أصفر بطرف أزرق	مطاط يحترق	سريع	مستمر	دخان أسود
POM	أزرق	رائحة فورمالدهيد	بطيء	يتقطر	لا يوجد دخان
PS	أصفر	رائحة غاز	سريع	يتقطر	دخان كثيف
PC	برتقالي بطرف أصفر	رائحة الفينول	بطيء	إطفاء ذاتي	دخان كثيف
PPO	برتقالي بطرف أصفر	رائحة الفينول	بطيء	إطفاء ذاتي	لا يتقطر
PSU	برتقالي	رائحة الكبريت	سريع	يتقطر	دخان أسود
PUR	أصفر	رائحة تفاح	سريع	لا يتقطر	دخان عادي

		خفيفة			
CN	أصفر باهت	رائحة الكافور	سريع	لا يتقطر	احتراق كامل
CP	أصفر باهت	احتراق السكر	سريع	يتقطر	دخان أسود
CAB	أصفر بطرف أزرق	زبدة متعفنة	بطيء	يتقطر	دخان أسود
CA	أصفر مع شرر	رائحة الخل	بطيء	يتقطر	دخان أسود
PTFE	لا يوجد لهب	احتراق الشعر		لا يتقطر	
PVF2	لا يوجد لهب	حمضي		لا يتقطر	
Plexiglass	أصفر بطرف أزرق		بطيء	لا يتقطر	لا دخان له لايتوقف
CTFE	لايوجد لهب	حمضي		يتقطر	
MF	أصفر بطرف أزرق	رائحة سمك		إطفاء ذاتي	ينتفخ يتشقق
PF	أصفر	فينول		إطفاء ذاتي	
UF	أصفر بطرف أخضر	فورمالدهيد		إطفاء ذاتي	ينتفخ يتشقق
PET–TS	أصفر بطرف أزرق	البرقوق			دخان أسود
SI	أصفر فاتح	لا رائحة له		مستمر	
EP	أصفر	رائحة لاذعة		مستمر	دخان أسود

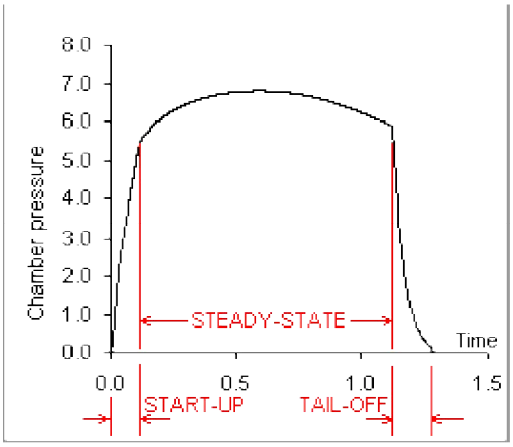
المحرك الصاروخي

ضغط الحجرة الاحتراقية و مساحة الاحتراق

ضغط الحجرة الاحتراقية

المعرفة الدقيقة بالضغط الذي تولده حجرة احتراقية ما ، يعتبر من بين أهم عناصر النجاح في تصميم محرك صاروخي فعال. ليس فقط لضغط الحجرة الاحتراقية علاقة بسرعة الاحتراق و الدفع F و إنما يتعدى ذلك إلى حجرة الاحتراق ذاتها و مكوناتها. ما الذي يولد هذا الضغط في الحجرة الاحتراقية و كيف يمكننا حسابه ؟.

الضغط الناتج هو نتاج الاشتعال الحاصل داخل الحجرة الاحتراقية ، حيث تتسارع الغازات في الخروج عبر مضيق النازل . إذا كان المضيق ضيقا بما فيه الكفاية فإن خروج الغازات يتباطئ نوعا ما و تتجمع فيرتفع الضغط داخل حجرة الاحتراق مما يساعد عمل النازل في تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حركية.



هناك ثلاث مراحل للضغط في هذا المنحنى . مرحلة انتقالية حيث يزيد فيها الضغط و سرعة الاحتراق . مرحلة ثابتة (نقوم نحن بتصميمها) حيث يكون فيها الضغط في أقصى قيمة له . و المرحلة الانتقالية الأخيرة حيث ينتهي فيها استهلاك الوقود فيتناقص الضغط ببطء.

المرحلة الانتقالية الأولى : مرحلة الانطلاق تكون سريعة جدا يكون بعض الوقود في حالة احتراق و يكون هذا الاحتراق غير متزامن . الزمن الحقيقي لهذه المرحلة له علاقة مباشرة بكفاءة الصاعق الاشتعالي و نظام الإشعال إجمالا.

المرحلة الثابتة : واضح أنها أكثر المراحل تأثيرا في كفاءة المحرك . يجب معرفة أولا أن سرعة نواتج الاحتراق المولدة تساوي سرعة استهلاك الوقود و هو يساوي

$$\dot{m}_g = A_b \rho_p r$$

المعادلة ١

حيث أن ρp (RHO) هي كثافة الوقود ، أما Ab هي مساحة الوقود المعرضة للاحتراق . r هي سرعة الاحتراق . من المهم التنويه على أن نواتج الاحتراق تحتوي على غازات و نواتج صلبة أو مكثفة بحيث تظهر في شكل دخان . النواتج الغازية هي وحدها التي تساهم في الضغط . النواتج الصلبة تساهم فقط في القوة الدافعة (أي الكفاءة العامة) بسبب كتلتها و سرعتها.

نواتج الاحتراق تتشكل حسب المعادلة التالية :

$$\frac{dM_s}{dt} = \frac{d}{dt}(\rho_o \upsilon_o) = \rho_o \frac{d\upsilon_o}{dt} + \upsilon_o \frac{d\rho_o}{dt}$$ المعادلة ٢

حيث أن ρ0 هي كثافة الغازات الآنية في حجرة الاحتراق . v0 هي حجم الغازات الآنية (و التي تساوي حجم حجرة الاحتراق ناقص حجم المادة المتبقية للاحتراق)

التغير في حجم الغازات بدلالة الزمن يساوي التغير في استهلاك حجم الوقود و يساوي : d□o/dt = Ab r أي أن Ab هنا مساحة الاحتراق بدلالة الزمن أي بعد انقضاء الزمن tn . وهذا يؤدي بعد التعويض إلى :

$$\frac{dM_s}{dt} = \rho_o A_b r + \upsilon_o \frac{d\rho_o}{dt}$$ **معادلة ٣**

سرعة استهلاك النواتج محدودة كما ذكر سابقا و إلا حصل Chocked flow (تيار مختنق مصدوم) و لا يسمح بسرعة غازات أكبر من M=1 سرعة الصوت المحلية في ذلك الموضع و تكون تساوي واحد . وهذا يسمح لنا بتحديد سرعة جريان التيار عبر النازل و بالضبط في المضيق

$$\dot{m} = \rho^* \, v^* \, A^*$$

$$\frac{\rho_o}{\rho} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{k-1}}$$

و من المعادلات السابقة

$$a = \sqrt{kRT} \qquad M = \frac{v}{a}$$

$$\frac{T_o}{T} = 1 + \frac{k-1}{2} M^2$$

نجد

$$v^* = \sqrt{\frac{2k}{k+1} R\,T_o}$$

و من القانون المثالي للأحجام

$$P = \rho R T$$

بعد التعويض نجد :

$$\dot{m} = \frac{P_o}{R\,T_o} \frac{\sqrt{\frac{2k}{k+1} R\,T_o}}{\left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}}} A^*$$

ثم نعيد ترتيب هذه المعادلة لنجد أخيرا:

$$\dot{m}_n = P_o A^* \sqrt{\frac{k}{R\,T_o}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

المعادلة ٤

$\dot{m}$ تمثل سرعة خروج كتلة الغازات عبر المضيق أي هي نفسها التي خرجت من النازل . مبدأ المحافظة على الكتلة يحتم علينا موازنة الكتلة بين سرعة توليد الكتلة و المجموع مابين سرعة الكتلة الغازية الخارجة من حجرة الاحتراق و الباقية فيها . أي يمكن أن نقول أن سرعة خروج الكتلة الغازية المولدة في حجرة الاحتراق ككل تساوي سرعة الكتلة الغازية الخارجة من المضيق + سرعة تولد الكتلة الغازية الآنية الباقية في حجرة الاحتراق.

$$\dot{m}_g = \frac{dM_s}{dt} + \dot{m}_n$$

المعادلة ٥

نعوض المعادلة ١ و ٣ بما يساويهما في المعادلة ٥ لنجد :

$$A_b\,\rho_p\,r = \rho_o\,A_b\,r + \upsilon_o \frac{d\rho_o}{dt} + \dot{m}_n$$

المعادلة ٦

سرعة الاحتراق **المعادلة ٧** $r = a\,Po^{\,n}$

حيث أن a معامل سرعة الاحتراق و n أس الضغط لسرعة الاحتراق ، نعوض ٤ و ٧ في ٦ لنجد :

$$A_b\,\rho_p\; a\,P_o^{\,n} = A_b\,\rho_o\; a\,P_o^{\,n} + \upsilon_o \frac{d\rho_o}{dt} + P_o A^* \sqrt{\frac{k}{R\,T_o}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

المعادلة ٨

من قانون الأحجام نعوض :

$$\frac{d\rho_o}{dt} = \frac{1}{R\,T_o}\,\frac{dP_o}{dt}$$

المعادلة ٩

طالما درجة حرارة الحجرة الاحتراقية T0 ليس لها علاقة بضغط الغرفة ، يمكننا هنا إعادة كتابة المعادلة ٨ كالتالي :

$$\frac{\upsilon_o}{R\,T_o}\,\frac{dP_o}{dt} = A_b\, a\, P_o^{\,n}\left(\rho_p - \rho_o\right) - P_o\, A^*\sqrt{\frac{k}{R\,T_o}}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

المعادلة ١٠

تسمح لنا المعادلة ١٠ بحساب التغير في الضغط (dPo/ dt) بدلالة الزمن و في الفترة الانتقالية . أما حين يصل الضغط إلى المرحلة الثابتة بكون خروج الغازات ثابتا مع ثبات الاحتراق منه يكون dPo/ dt =0 أي لا تغير في الضغط ، منه الجانب الأيسر للمعادلة ١٠ يساوي صفر ، و لهذا في حالة الضغط الثابت يكون :

$$P_o = \left[\frac{A_b}{A^*}\,\frac{a\,\rho_p}{\sqrt{\frac{k}{R\,T_o}}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{(k-1)}}}\right]^{\frac{1}{(1-n)}}$$

المعادلة ١١

نلاحظ أن كثافة نواتج الاحتراق هنا صغيرة مقارنة بكثافة الوقود ، فتم التغاضي عنها للتسهيل.و لذلك فإن المعادلة ١١ بمساعدة المعادلة ٧ مع جعل Kn = Ab /A*

ثم مع العلم أن :

$$c^* = \sqrt{\frac{R\,T_o}{k\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}}$$

منه، يمكننا إعادة صياغة المعادلة ١١ إلى :

$$P_o = K_n\,\rho_p\, r\, c^*$$

المعادلة ١٢ . حيث r سرعة الاحتراق عند الضغط P0 .

الحالة الثالثة و الأخيرة حيث ينتهي الوقود ، أو في الواقع تبقى بقايا قليلة لا تساهم في الدفع منه Ab = 0 تصبح المعادلة ١٠ كالتالي :

$$\frac{\upsilon_o}{R\,T_o}\,\frac{dP_o}{dt} = -\,\frac{P_o\,A^*}{c^*}$$

المعادلة ١٣

معادلة التفاضل تحل بالطريقة التالية إلى المعادلة١٤

$$P_c = P_{bo} \exp\left(\frac{R\,T_o\,A^*}{\upsilon_o\,c^*}\,t\right)$$

حيث أن Pbo ضغط الحجرة الاحتراقية في المرحلة النهائية و في الزمن t . بالاضافة إلى رواسب لم تحترق (يحاول المصمم تجنب قدر الإمكان كميتها) ، لأنه يتجمع الخبث في العنق و يضيقه ليجعل المرحلة النهائية أكثر تباطؤا.

هناك طريقة أخرى في الحصول على معادلات أنفع :

يمكننا القول أن سرعة خروج كتلة الغازات المحترقة يساوي سرعة خروج كتلة الغازات عبر المضيق Throat

$$\dot{m}_b = \dot{m}_{th}$$

نعلم أن كتلة توليد الغازات المحترقة تساوي الكتلة المستهلكة للوقود نرى ذلك في المعادلة ١ :

المعادلة ١
$$\dot{m}_b = \rho \cdot A_b\, r$$

حيث أن ρ رمز للكثافة و A_b رمز لمساحة الاحتراق أما r فهو رمز لسرعة الاحتراق.

كذلك نعلم من معادلة السرعة

$$r = a \cdot p^n$$

فيمكننا التعويض لنجد أن كتلة الغازات المحترقة Burned

المعادلة ٢
$$\dot{m}_b = \rho_p \cdot A_b\; a \cdot p^n$$

لدينا المعادلة التالية :

المعادلة ٣
$$\dot{m}_{th} = A_{th} \cdot p_1 \cdot \frac{\Gamma}{\sqrt{T_1}}$$

حيث أن الرمز غاما كبير Γ يساوي :

$$\Gamma = \sqrt{\frac{\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}{\sqrt{k \cdot R}}}$$

k رمز لعدد خاص بالوقود الصاروخي المستعمل يحسب من برامج مثل برنامج GDL أو برامج أخرى. A_{th} مساحة مقطع عرضي للعنق و يساوي :

$$A_{th} = \frac{\pi}{4} D_{th}^{2}$$

نعلم قيمة D_{th} وهي قطر مقطع عرضي للعنق.

بما أننا بدأنا من افتراض أن $\dot{m}_b = \dot{m}_{th}$ فإننا نعوض بقيمتيهما :

$$\rho_p A_b \, a \, p_1^{n} = \frac{\pi}{4} D_{th}^{2} \cdot p_1 \frac{\Gamma}{\sqrt{T_1}}$$

المعادلة ٤

هذه المعادلة توفر لنا القدرة على حساب أي قيمة عندما يكون الضغط ثابتا .

المجهولان هما الضغط p و D_{th} بالتالي نعطي قيمة p القصوى المتوقعة (بعد التجريب على الأنابيب) لنعلم قيمة D_{th} اللازمة لدينا أي قطر العنق اللازم حتى لا يعطيك ضغط حجرة احتراقية أكثر مما تريد . كذلك في بعض الحالات إن كنا نعلم قطر العنق وقيمة الضغط الأقصى ولم يكن لدينا معرفة بمساحة الاحتراق Ab يمكننا حسابها بهذه المعادلة (عند الاحتراق الثابت).

أما عند الحالة الانتقالية :

فإن سرعةكتلة الغازات الخارجة من المضيق تساوي سرعة كتلة الغازات المتولدة عن الاحتراق ناقص مقدار التغير في كتلة الغازات.

$$\dot{m}_b - \frac{dM}{dt} = \dot{m}_{th} \longrightarrow \dot{m}_b = \dot{m}_{th} + \frac{dM}{dt}$$

المعادلة ٥

لدينا قانون الاحجام حيث أن V هو حجم الغازات وهو متغير نريد حسابه

$$p.V = m.R.T$$

نجري الاشتقاق على قانون الاحجام

$$\frac{dM}{dt} = \frac{1}{RT} \frac{d(PV)}{dt}$$

$$\frac{dM}{dt} = \frac{1}{RT} \left(p \frac{dV}{dt} + V \frac{dP_1}{dt} \right)$$

المعادلة ٦

بالمعادلة ٦ يمكننا حساب تغير سرعة كتلة الغازات في المعادلة ٥ بدلالة الزمن . نضيف هذا التغير في المعادلة رقم ٤

$$\rho_p A_b\, a \cdot p^n = \frac{\pi}{4} D_{th}^2 \cdot p_1 \cdot \frac{\Gamma}{\sqrt{T_1}} + \frac{1}{R T_1} \left(p_1 \frac{dV}{dt} + V \frac{dp_1}{dt} \right)$$

المعادلة ٦-١ . المشكلة التي تواجهنا في هذه المعادلة هو عدم معرفتنا لمقدار حجم الغازات المتغير بدلالة الزمن فيجب حسابه:

$$V_g = V_t - \bar{V}(t) \Rightarrow \frac{dV_g}{dt} = \frac{dV_t}{dt} - \frac{d\bar{V}}{dt}$$

V_gيساوي حجم الأنبوبة الداخلية دون وقود V_t ، ناقص حجم المادة الباقية وغير المحترقة $\bar{V}$ بدلالة الزمن، فنجري الاشتقاق كما سبق لنجد أن: $\frac{dV_t}{dt} = 0$ لأنه عدد ثابت و بالتالي يبقى لدينا :

$$\frac{dV_g}{dt} = -\frac{d\bar{V}}{dt}$$

أي إذا نقص حجم المادة المحترقة زاد حجم الفراغ الذي يمكن أن تملأه الغازات المحترقة بمعنى زيادة حجم الغازات بنفس مقدار نقصان حجم المواد. يمكننا تعويض تلك القيمة في المعادلة ٦-١ لنجد :

$$\rho_p A_b\, a \cdot p^n = \frac{\pi}{4} D_{th}^2 \cdot p_1 \cdot \frac{\Gamma}{\sqrt{T_1}} + \frac{1}{R T_1} \left[(V_t - \bar{V}) \frac{dp_1}{dt} - p_1 \left(\frac{d\bar{V}}{dt} \right) \right]$$

المعادلة ٧

هنا V_t هو حجم الانبوب الداخلي بغير وقود وهو معلوم ، أما $\bar{V}$ فهو حجم المادة (الوقود غير المحترق) المتبقية للاحتراق و المتغيرة بدلالة الزمن و التي يجب معرفتها ، تمكننا المعادلة رقم ٧ من **حساب مساحة الاحتراق في أي زمن** بعد اشتعال الوقود، لكن يجب أولا حساب $\frac{d\bar{V}}{dt}$ وهو مشتق حجم المادة المتبقية للاحتراق و المتغيرة بدلالة الزمن، نجري الاشتقاق فنجد :

$$\frac{d\bar{V}}{dt} = \frac{\bar{V}_{t=\Delta t} - \bar{V}_{t=0}}{\Delta t}$$

$\bar{V}_{t=0}$ هذه القيمة معلومة لأنها تمثل حجم الوقود قبل بداية الاحتراق أما $\bar{V}_{t=\Delta t}$ فهو حجم الوقود (المادة) بعد زمن معين من بداية الاحتراق و يجب حسابه:

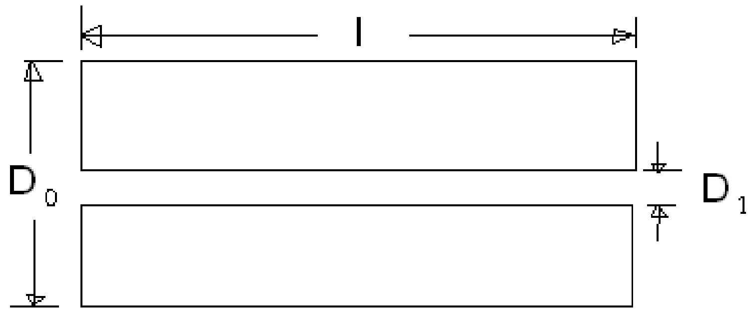
<u>المطلوب حساب</u> $\bar{V}_{t=\Delta t}$

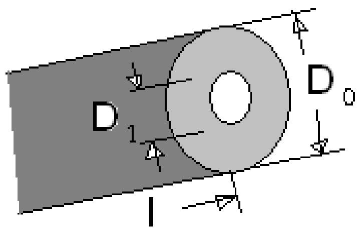
لتوضيح الصورة نأخذ مثالا :

إذا احترق فتيل طوله l بسرعة احتراق r فإن تغير طول الفتيل بدلالة الزمن يساوي:

$l(t) = l - r.t$ هذا إذا كان الاشتعال من جهة واحدة ، أما لوكان من الجهتين فيصبح طول الفتيل l طوله بعد زمن معين يساوي : $l(t) = l - 2\,r.t$.

هذا من ناحية معالجة حساب الاحتراق من جهتين ، لكن لو افترضنا أن وقودا صاروخيا يحترق من جهتين وكذلك من الداخل فقط





أي يكون شكله هكذا ،

فإن مساحة الاحتراق تساوي :

مساحة الاحتراق الداخلية (على طول l) + مساحة الاحتراق الخارجية عرضا (على طول l) . A_b

$_{initial}$ = ½ □□(D0 ^{2} – D1 ^{2}) + □□L D0

المعادلة ٨

حيث أن مساحة الاحتراق للشكل المقترح (احتراق من جهتين لا من ثلاث) تساوي تلك القيمة.

في حالة كون شكل الاحتراق مختلفا تتغير الظروف حسبه(مثل مساحة احتراق النجمة).

أما لمعرفة حجم المادة المتبقية للاحتراق بدلالة الزمن: فإننا نعلم أن حجم المادة تساوي حجم الأنبوب (ذي القطر D0) ناقص حجم التجويف الداخلي ذي القطر D1 .

يمكن أن نسمي : $V_1 = \frac{\pi}{4} D_0^2 . l$ كذلك $V_2 = \frac{\pi}{4} D_1^2 . l$ و للحصول على حجم الانبوب (هنا المقصود به الوقود الذي هو على شكل أنبوب) نطرح الفراغ الداخلي (التجويف) من الحجم الخارجي الكلي لنتحصل :

$$V = \frac{\pi}{4} D_0^2 . l - \frac{\pi}{4} D_1^2 . l$$

و يمكن إعادة كتابته بنصف القطر

$$V = \pi R_0^2 . l - \pi R_1^2 . l$$

و تساوي

$$V = \frac{\pi}{4}(D_0^2 - D_1^2) . l$$

المعادلة ٩

نلاحظ أنه بإمكاننا ، لهذا النوع من الاحتراق ، حساب سطح الاحتراق بالمعادلتين ٨ و ٩ في أي وقت t بعد بداية الاحتراق. على نفس مثال الفتيل نقول أن :

$$D_{0\,(t=\Delta t)} = D_{0\,t=0} - 2 r \Delta t$$

و أن :

$$D_1 = D_{1\,t=0} + 2 r \Delta t$$

حيث أن r هي سرعة الاحتراق . يتغير قطر الوقود الأسطواني بدلالة الزمن وهي D_0 . كما ذكر سابقا يتم تشبيه طول الوقود لفهم الموضوع كأنه طول فتيل . منه مثلا إذا كان طول الفتيل ١٥ سم و سرعة احتراقة ٢سم /ثا و إذا كان الاشتعال من الجهتين نحصل على طولL احتراق بعد ٢ ثانية يساوي ٦سم . كذلك بالنسبة للقطر الخارجي . أما بالنسبة للقطر الداخلي فإن القطر يزيد مع الاحتراق لهذا تكون الإشارة موجبة بدل السالبة.

للوصول إلي فائدة من هذا المثال نبدأ مثلا بحساب D_0 و D_1 بالمعادلتين السابقتين عند الزمن مثلا ١ ثانية (أي بعد ثانية واحدة من بداية الاحتراق) يمكننا بعد ذلك حساب مساحة الاحتراق و حجم الوقود المتبقي بالمعادلتين ٨ و ٩ بعد انقضاء زمن ١ ثانية . نعوض تلك القيم في المعادلة ٧ ليتم حساب p ضغط الحجرة الاحتراقية بعد ١ ثا . على هذا المنوال نعيد الحسابات

للزمن ٢ثا و ٣ثا مثلا أو ٠,٠١ثا لنتحصل على منحنى يمثل تغير الضغط في الحجرة الاحتراقية بدلالة الزمن . يمكن كتابة برنامج كمبيوتري لحساب ذلك .

كذلك يمكن رسم منحنى متوسط للدفع بدلالة الزمن من معرفتنا للضغط الآني بالمعادلة التالية:

$$F = A^{*} P_o \sqrt{\frac{2k^2}{k-1}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}\left[1-\left(\frac{P_e}{P_o}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} + (P_e - P_a)A_e$$

حيث أن $(P_e - P_a)A_e$ يساوي صفر للنازل المثالي . و A* تعني مساحة المقطع العرضي للمضيق.

أمثلة أخرى لمساحات الاحتراق :

بالنسبة لوقود غير مكبوح (كل المساحات معرضة للاحتراق) فإن مساحة الاحتراق تساوي $A_{b\ initial}$ = ½ □□(D0 ² – D1 ²) + □□L (D0 + D1)

أما فيما يخص مساحة احتراق خارج و داخل الثقب (أي مكبوحة الجوانب)

A_b = constant = □□L (D + d) مساحة احتراق ثابتة إلا أن جدار الحاوية يكون معرضا لحرارة الاحتراق المرتفعة.

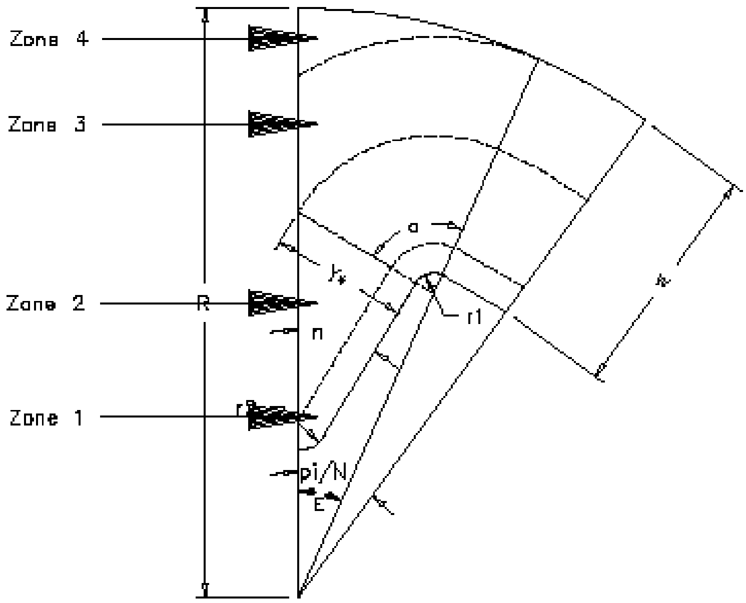
طريقة أخرى لحساب الضغط الأقصى في الحجرة إذا علمت مساحة الاحتراق :

يمكننا أولا حساب Kn بالمعادلة التالية: Kn = Ab/At بعدها نعوض في المعادلة التالية :

$$P_o = \left[K_n \frac{a}{\alpha} \rho\ c^{*}\right]^{\frac{1}{1-n}}$$

مساحة الاحتراق النجمي : للحصول على احتراق ثابت و حماية للحجرة الاحتراقية ينبغي استعمال احتراق داخلي على أن يكون هذا التجويف الداخلي على شكل نجمة . لوصف أي نجمة رياضيا توجد ٧ متغيرات يتم إدخالها في معادلة النجمة ، معادلة معقدة جدا بحيث قد تم تبسيط العملية كما يلي:

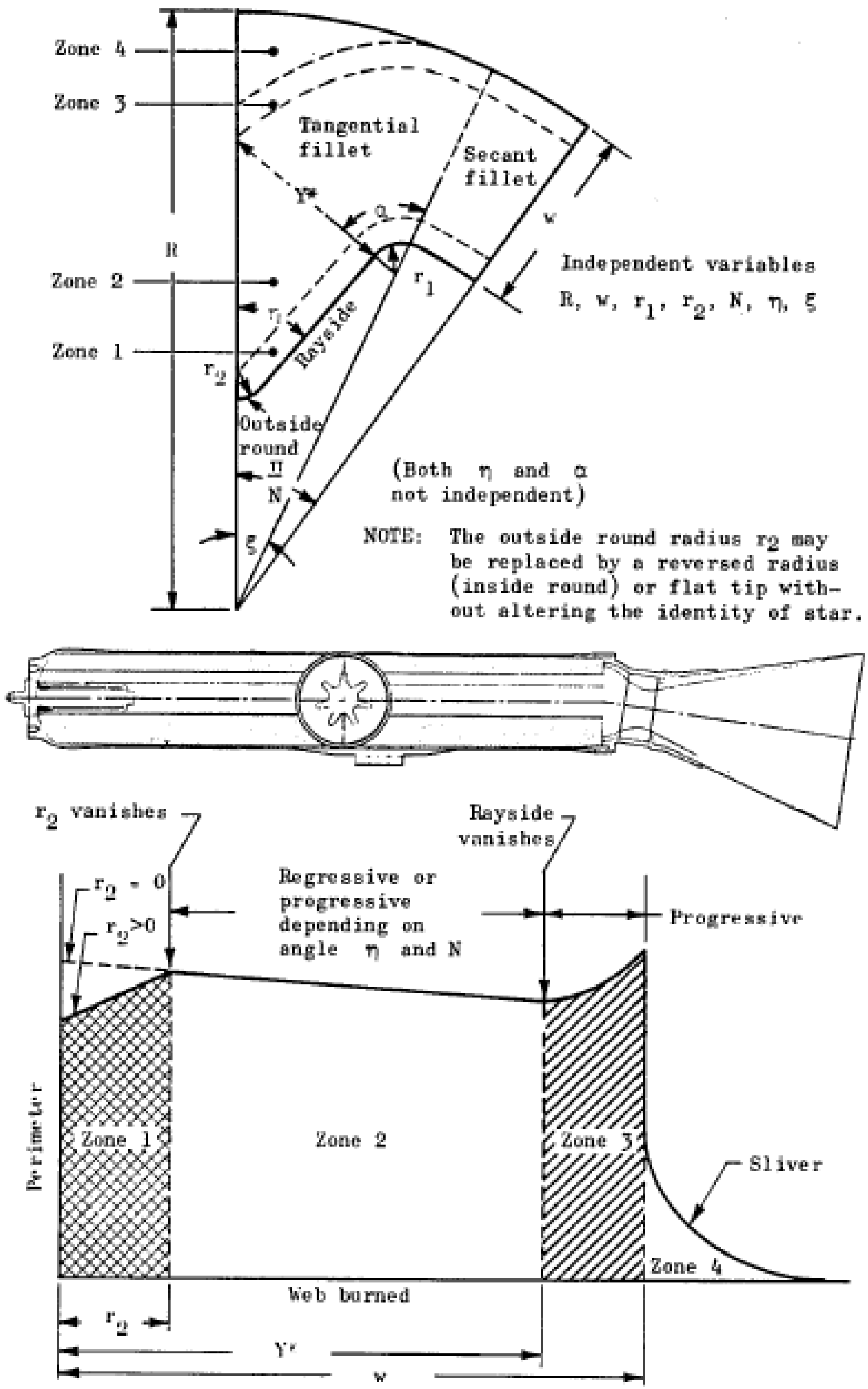
w = Web thickness
r_1 = Radius
r_2 = Tip radius
R = External radius
η = angle
ε = Secant fillet angle
N = Number of star points



وجد أن هذا الشكل يتكرر. ثم بإمكاننا تقسيم مراحل الاحتراق في احتراق نجمي إلى أربعة مناطق:

في المنطقة رقم ١ أكثر المتغيرات تأثيرا هو r2 ، الذي يحدد مدة الاحتراق في تلك المنطقة . أما التزايد أو التناقص في المنطقة ٢ فيمكن التحكم بها بالزاوية η والعدد N

المنحنى في المنطقة ٣ يتزايد طبيعيا و تكون نهاية الـW مع نهايتها. أما في المنطقة ٤ فيكون متناقصا حيث لا يساهم في الدفع.


Zone 4
Zone 3
Tangential fillet
Secant fillet
Y*
α
w
R
Zone 2
r1
Independent variables
R, w, r1, r2, N, η, ξ
Zone 1
η
Rayside
r2
Outside round
π/N
(Both η and α not independent)
ξ
NOTE: The outside round radius r2 may be replaced by a reversed radius (inside round) or flat tip without altering the identity of star.
r2 vanishes
Rayside vanishes
r2 = 0
r2>0
Regressive or progressive depending on angle η and N
Progressive
Perimeter
Zone 1
Zone 2
Zone 3
Sliver
Zone 4
Web burned
r2
Y*
w

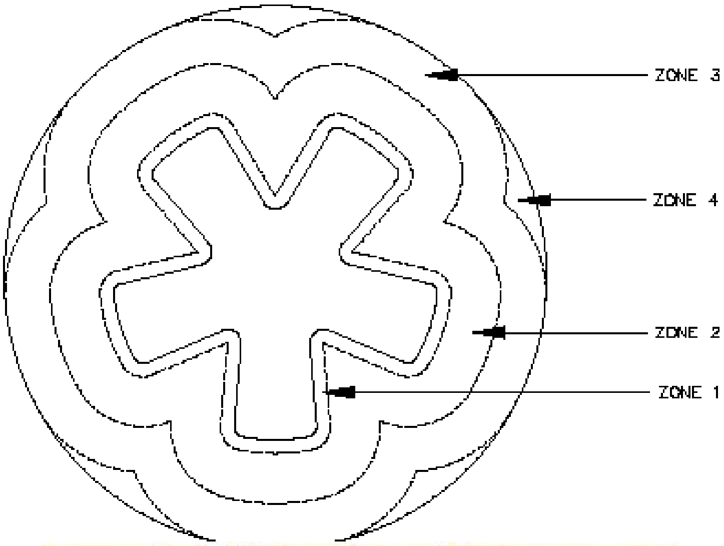


Figure 5-4: A solid propellant extruder and grain.

Figure 4-1: Solid propellants vary in appearance on the basis of their requirements.

مثال تطبيقي:

في هذا المثال ننطلق من مبادئ نظرية أجراها الكاتب Antoine Lefebvre الهدف الأساسي منها هو الحصول على طول محيط لشكل النجمة يبقى ثابتا للحصول على احتراق ثابت ، ينبغي التقليل من عدد نقاط النجمة (الزوايا) للتقليل من صعوبة صب الوقود . للحصول على أكبر كمية للوقود ينبغي جعل الزاوية ε مساوية مع النسبة π/N و للحصول على ذلك ينبغي أن تكون الزاوية η أكبر من π/N . إذا رجعنا للجدول الخاص بالزاوية η بدلالة N فإننا للحصول على احتراق ثابت في المنطقة ٢. يجب اختيار $N=6$ للحصول على $\eta > \pi/N$.

N	η (deg)	π/N (deg)
3	24.55	60.00
4	28.22	45.00
5	31.13	36.00
6	33.53	30.00
7	35.56	25.71
8	37.31	22.50
9	38.84	20.00

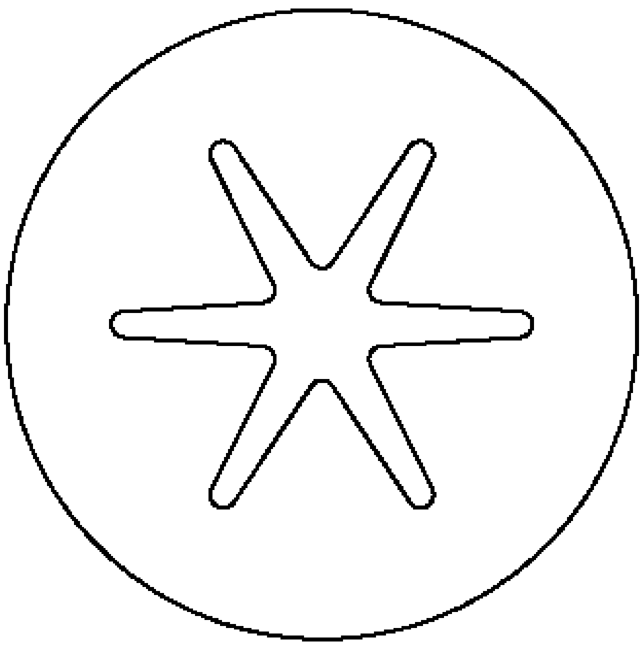
$$N = 6$$

$$\eta = 33.53deg$$

تم الحصول الآن على ثلاث معطيات $\varepsilon = 30deg$ وهي يجب أن نجد الآن سماكة الوقود بعد آخر نقطة للنجمة Web thickness w و نصف القطر r_1 التي توفي بالشروط السابقة . نصف قطر ١ من ١٦ من الإنش قيمة تقنيا منطقية. المعادلة التي ينبغي حلها هي التالية :

$$sin\varepsilon = \frac{w + r_1}{R - w - r_1} \cos\eta$$

أما القيمة التي تحل هذه المعادلة هي $w = 0.500$ هكذا تحصلنا على المتغيرات السبع لرسم النجمة ذي الشكل التالي:



مساحات احتراق أخرى :

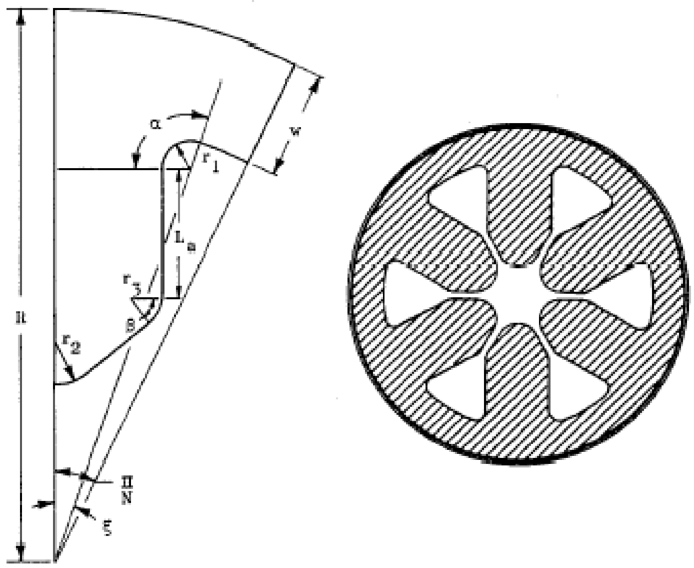


Figure 12.–Wagon wheel configuration.

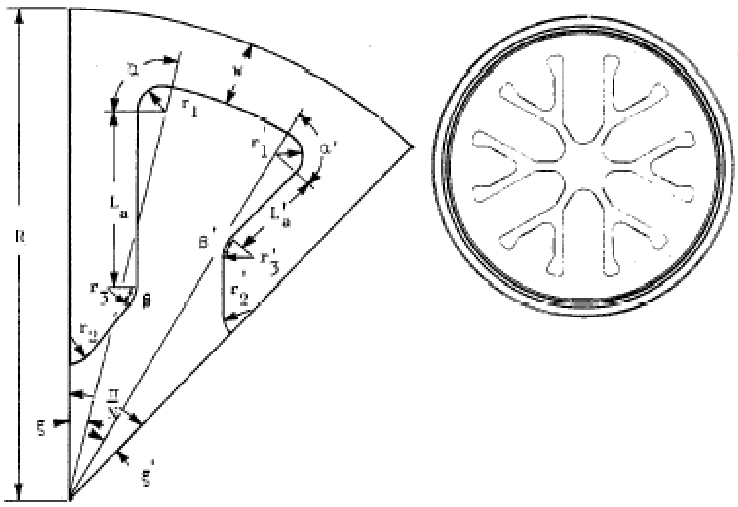


Figure 13.–Dendrite configuration (ref. 26, unit 330).

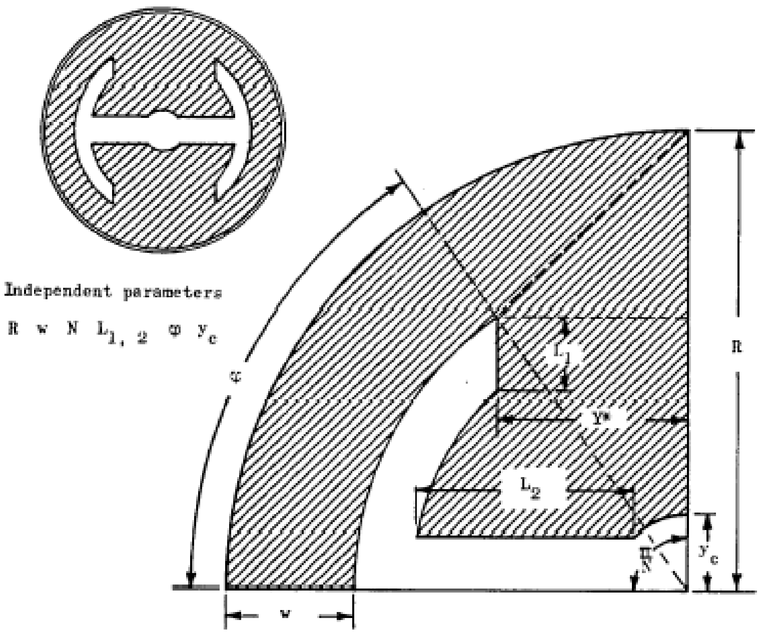


Figure 14.–Anchor configuration (ref. 63).

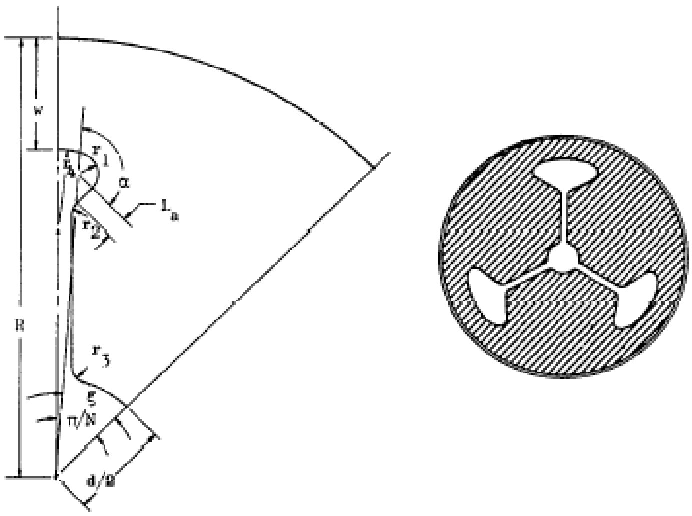
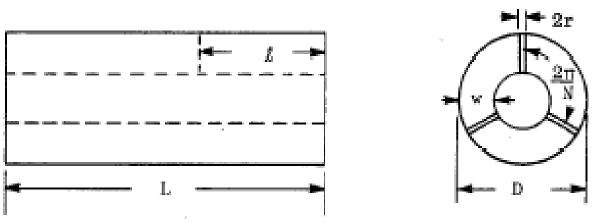
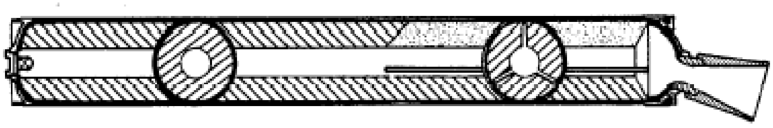


Figure 15.–Dogbone configuration.





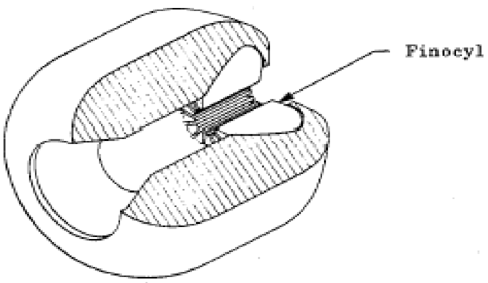


Figure 18.—Finocyl configuration.

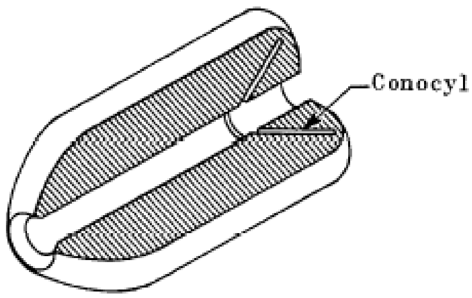


Figure 17.—Conocyl configuration.

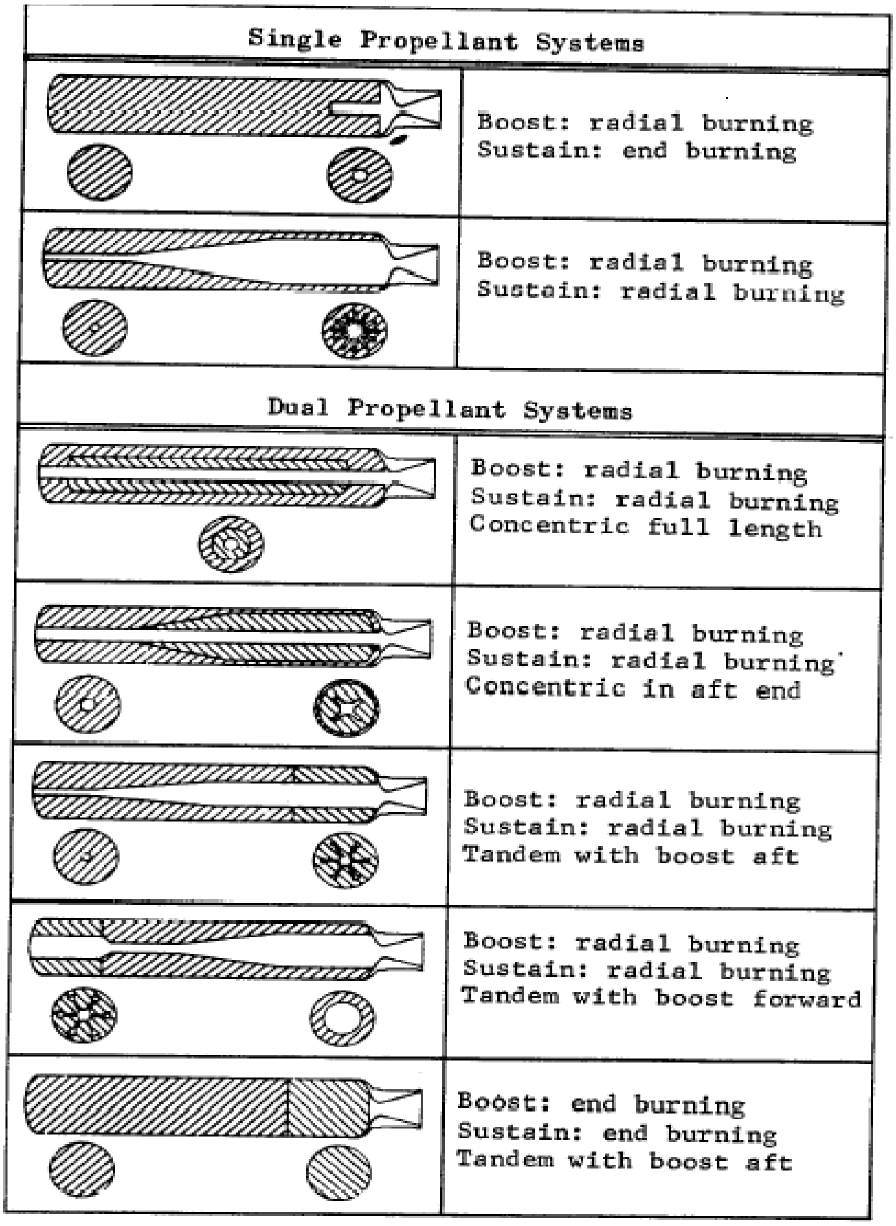
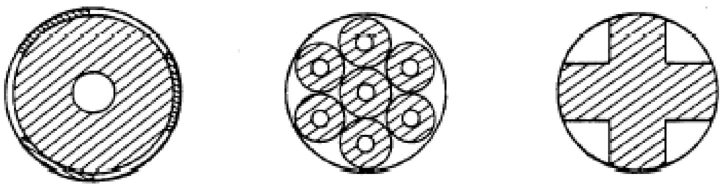


Figure 20.—Typical boost-sustain grain configurations.



(a) Sponge-supported internal-external-burning tube (b) Cluster of seven tubes (c) External-burning cruciform configuration

تم الاستغناء عن استعمال الطريقة الأخيرة القديمة خاصة بعد التوصل لوقود يمكن صبه ولديه سرعة احتراق عالية.

كبح مساحة الاحتراق

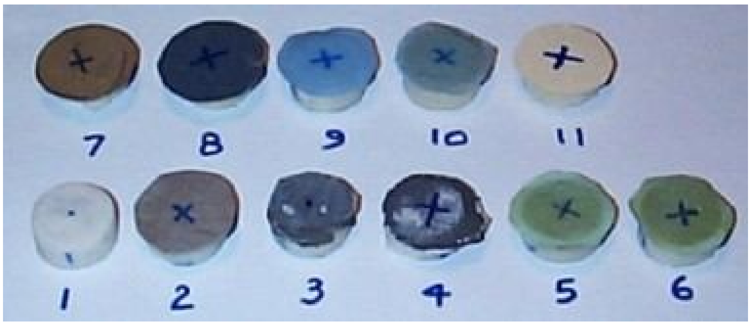
إحدى أهم التحديات التي تواجهنا عند تصميم المساحة المعرضة للاحتراق هي ايجاد كابح بمنع وصول اللهب إلى المنطقة التي نريد عزلها عن الاحتراق للحفاظ على مساحة احتراق محددة مسبقا. من السهل إجراء حماية فعالة بوضع طبقة سميكة من المواد المقاومة للحرارة ، لكننا نرغب في معرفة السمك الضروري و اللازم فقط لمقاومة النار ومنعها من الوصول إلى تلك المناطق ، أي حماية كافية دون الزيادة في كتلة الكابح و بالتالي زيادة في وزن لا فائدة منه في عملية الدفع .

الخصائص التي يجب أن تتوفر في الكابح :

- ناقلية حرارية منخفضة
- مقاومة للتحلل الحراري
- مقاومة للتعرية المتسببة من التيار السريع
- خاصية التصاقية جيدة
- سعر منخفض
- وفرة

تم إجراء التجارب التالية : شرائح من الوقود نترات البوتاسيوم / دكستروز بسمك ٠,٩٣١ إنش و قطر ٠,٤ إنش . وزن الشريحة (العينة) ٨ غ.

Sample:	Inhib. Code	Inhibitor material	thickness inhibitor (inch)	
1	0	None	0.000	
2	CAP	Cardboard, t=.023", painted, bonded with c.c	0.027	
3	SS1	Sodium silicate/cotton fabric (.010")	0.040	
4	SS2	Sodium silicate/cotton fabric (.020")	0.050	
5	NEO	Neoprene/cotton fabric (.010")	0.011	
6	NEO	Neoprene/cotton fabric (.010")	0.013	
7	CA	Cardboard, t=.023", plain, bonded with c.c.	0.026	
8	PVC	PVC sheet, .033" bonded with c.c.	0.039	
9	EPO	Epoxy/cotton fabric (.010")	0.012	(est.)
10	POL	Polyester/cotton fabric (.010")	0.013	(est.)
11	TAG	Tagboard, .011", bonded with c.c.	0.012	



تفاصيل الكوابح المستعملة في هذه التجربة :

- **CAP, CA** ورق مقوى سماكته ٠,٥٨ ملم بكثافة ٠,٧٨ غ/سم٣ مطلي بطلاء HI-HEAT Aluminum
- **SS** سليكات الصوديوم بحشوة ويتم تجفيفها عند ٧٠م لمدة ٣٠دقيقة.
- **NEO** مادة بلاستيكية معروفة تستعمل كغراء ، مع القطن .
- **PVC** طبقة بلاستيكية رمادية داكنة بسماكة ٠,٨ملم
- **EPO** لصقة High grade marine epoxy من النوع الذي يتحمل الحرارة
- **POL** راتنج بوليستيرين مستعمل في fiber glass
- **TAG** ورق مقوى ممسوك بلاصق
- Cotton fabric قماش على طبقتين

Sample:	thickness inhibitor net (inch)	time to ignition (sec.)	"normalized" time to ignition* (sec.)	Inhibitor code
1	0.000	1.3	—	0
2	0.027	9.0	3.4	CAP
3	0.040	4.5	1.1	SS1
4	0.050	12.8	2.6	SS2
5	0.011	3.7	3.4	NEO
6	0.013	5.7	4.5	NEO
7	0.026	12.2	4.7	CA
8	0.039	24.8	6.4	PVC
9	0.012	8.9	7.4	EPO
10	0.013	10.0	7.7	POL
11	0.012	7.1	5.9	TAG

* normalized to .010" inhibitor thickness

بعد اجراء التجارب وجد أن الراتنج البحري أفضل ، مبلل بالقطن وهو مادة لاصقة وعازلة .

طرق أخرى : غالبا ما يتم استعمال في المجال الصاروخي مادة بلاستيكية لاصقة مع مواد خاملة (fiber glass ، Asbestosالقطن الزجاجي ، رمل Silica)

أمثلة :

– يتم إذابة التفلون أو السليكون في مذيبه (مثل الأستون) ثم يضاف Asbestosمرحي جيدا ثم نقوم بتبليل ورقة من الـ Fiber glass بهذا الخليط و نتركه يجف ، نقطع المساحة المطلوبة و نلصقها في المكان المراد عدم اشتعاله أو وصول النار إليه . مثال (٦٠% Fiber glass + ١٠% Asbestos + ٣٠% Silicon or resin.

خلطة أخرى : + Silicon or Teflon+ Glass or silica or asbestos Phenolic resin+ Boric acid + polymer(pban or pu)

خلطة أخيرة : Natural rubber100g ، ٢٠غ طباشير Calcium oxide ، zinc oxide ٥غ ، Stearic acid ١غ ، الكبريت ٠,٥غ جيد.

كما أنه يستعمل رابط مثل Epoxy resin أو polyurethane + أكسيد الكروم أو Cellulose acetate(هذا الأخير محظور دوليا) .

سرعة احتراق الوقود الصاروخي الصلب

مقدمة : تعتبر قيمة سرعة احتراق وقود ما من بين أهم المعطيات اللازمة لتصميم المحرك الصاروخي ،تعرف عمليا و تقاس بالإنش / ثا أو بالملم / ثا . تتغير سرعة الاحتراق من وقود إلى آخر بل في الوقود الواحد في درجة حرارة و ضغط مختلفين .

ما الذي يؤثر في سرعة الاحتراق ؟

تتأثر سرعة احتراق وقود ما بما يلي :

١- ضغط الحجرة الاحتراقية.

٢- درجة حرارة الوقود الأولية قبل بداية الاحتراق.

٣- سرعة الغازات الاحتراقية التي تكون موازية لمساحة الاحتراق أثناء خروجها.

٤- التغير في الضغط.

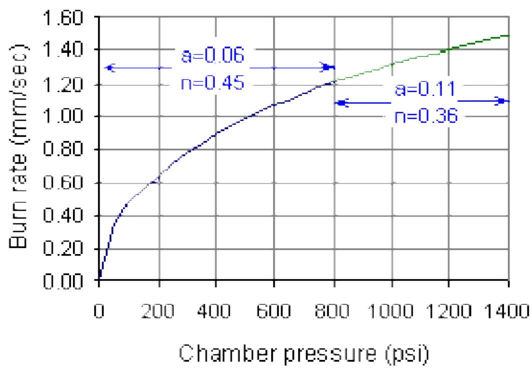
٥- فتل الصاروخ وتسارعه أثناء الطيران.

١-ضغط الحجرة الاحتراقية : تتأثر سرعة احتراق وقود ما بشكل كبير بالتغير في ضغط الحجرة الاحتراقية فمثلا وقود (نترات البوتاسيوم و السوربتول) لديه سرعة احتراق تقدر بـ ٣,٨ ملم /ثا عندما يكون الضغط الجوي = واحد ، بينما تساوي ١٥ ملم /ثا في ضغط ٦٨ بار (١٠٠٠ PSI) أي زيادة بأربع مرات .

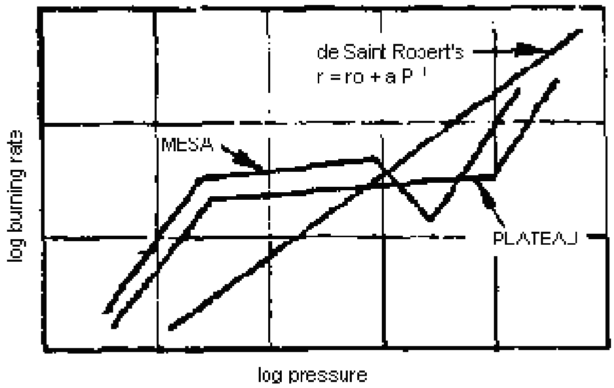
التمثيل المألوف لعلاقة الضغط بسرعة الاحتراق هو قانون Saint Robert

$$r = ro + a\,Pc^{n}$$

حيث أن r تمثل سرعة الاحتراق ، ro هو ثابت و غالبا ما يؤخذ على أنه يساوي صفر ، Pc هو ضغط الحجرة الاحتراقية . a هو معامل سرعة الاحتراق ، n هو أس الضغط . تحدد قيم n و a تجريبيا و لا يمكن حسابها نظريا حيث أنه توجد عدة طرق لحساب هذه القيم عمليا و ذلك باستعمال إما طريقة Strand burner أو Ballistic Evaluation Motor (BEM) . يجب التأكيد هنا على أن قيم n و a عندما تحسب عمليا فهي صحيحة من أجل مجال واسع من الضغط لكنه محدد . عند التجريب ينبغي إجراء عدة تجارب للتأكد من قيم n و a كما هو مبين في الشكل التالي :



بعض أنواع الوقود الصاروخي (أو عند إضافة بعض المضافات) لا تعطي احتراقا متزايدا كالذي هو مبين في الشكل السابق بل تسلك هذه الأنواع سلوكا مفاجئا في زيادة سرعة الاحتراق و هذا النوع من الوقود يسمى Plateau or mesa propellant . يمكن تفسير هذه الظاهرة بسرعة تآكل الرابط أكبر من تآكل المؤكسد في ضغط معين كما هو مبين في الشكل التالي :



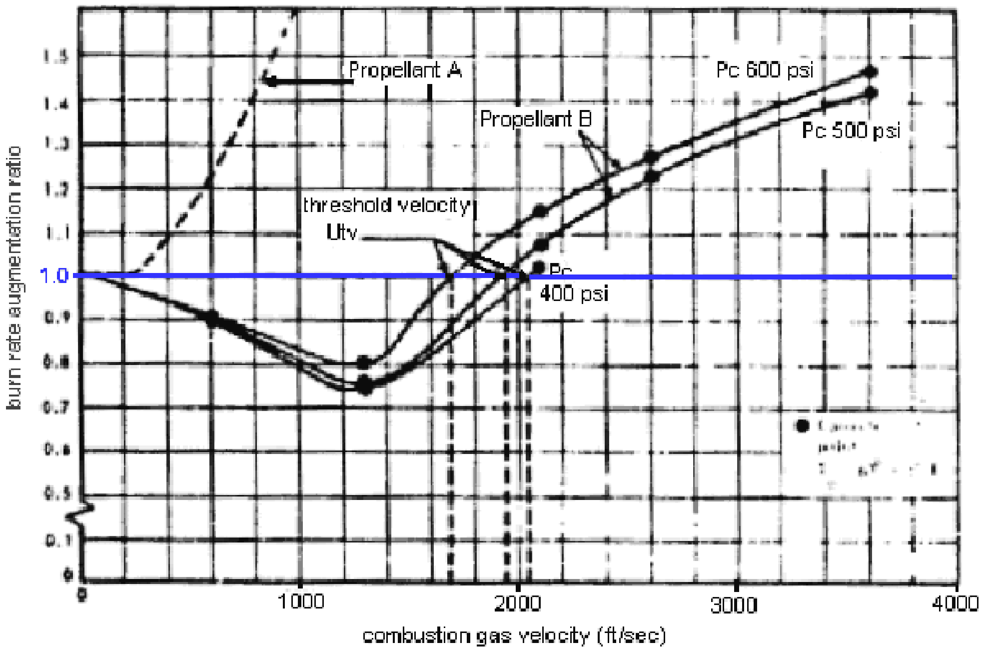
تستعمل هذه الأنواع من الوقود الصاروخي و التي تتميز بهذه الخاصية عند الرغبة في تصميم محرك ضغط الحجرة الاحتراقية لديه عال مثلا في حدود psi٣٠٠٠ ينتخب وقود (أكثرها ثنائية القاعدة) يكون n منخفض أو حتى متناقص عند ذلك الضغط .

سرعة الاحتراق حساسة لقيمة أس الضغط n ، لذلك فإن قيم عالية لـ n تنتج تغيرا كبيرا في سرعة الاحتراق عند حصول تغير صغير في ضغط الحجرة الاحتراقية مما يسبب نواتج كارثية . كذلك لو كان أس الضغط قريب جدا من الصفر فإننا نتحصل على احتراق غير مستقر . لهذا السبب يجب تصميم خلطة الوقود بحيث تكون هذه القيمة ما بين ٠,٣ و ٠,٦ للحصول على احتراق ثابت ولا يتأثر سريعا بالتغير في الضغط .غالبا ما تكون هذه القيمة في الوقود Composite مابين ٠,٣ و ٠,٤ .

٢- درجة حرارة الوقود الأولية قبل بداية الاحتراق: تؤثر درجة حرارة الوسط أو الوقود الصاروخي قبل الاشتعال كذلك على سرعة الاحتراق فيجب تجريب ذلك و التحقق منه لأن سرعة الاحتراق في الصيف تختلف عنها في الشتاء. فنراقب سرعة الاحتراق مابين ٠-٦٠ درجة مئوية. يجب تجهيز جدول رمي شتوي وآخر صيفي.

٣- سرعة الغازات الاحتراقية التي أثناء خروجها تكون موازية لمساحة الاحتراق:

تتأثر أغلب أنواع الوقود الصاروخي بمستوى معين لسرعة خروج الغازات و التي تخرج بشكل مواز لمساحة الاحتراق مما يتسبب في زيادة سرعة الاحتراق. تعرف هذه الزيادة بالاحتراق الأكال Erosive burning تحدث عند الزيادة في درجة حرارة السطح المحترق التي يسببها خروج الغازات المحترقة . توجد عتبة سرعة جريان النواتج Threshold velocity في العديد من أنواع الوقود الصاروخي . قبل هذه العتبة ، تكون سرعة الاحتراق إما لا يحصل فيها تزايد أو يحصل تناقص Negative erosive burning .



نرى في المخطط السابق أن الوقود A يصل لعتبة السرعة عند سرعة غازات ٢٤٠قدم/ثا ، بينما يتغير سلوك الوقود B بتغير ضغط الحجرة الاحتراقية ، فيسلك عتبة قصيرة (يرجع لسرعة الاحتراق في الضغط الجوي) (يصل إليها بشكل أسرع عند ضغط حجرة احتراقية أكبر) بشكل أسرع في ضغط حجرة احتراقية أكبر . تحت العتبة تحصل ظاهرة مهمة وهي تناقص في سرعة الاحتراق . للتقليل من هذه الظاهرة يجب تصميم نسبة مساحة باب خروج الغازات من الحجرة الاحتراقية (مساحة القطع العرضي لمساحة الاحتراق) على مساحة خروج الغازات في المضيق ، نسبة كبيرة (

Aport/Ath)، كقاعدة صماء يجب أن تكون هذه النسبة على الأقل تساوي ٢ لصاروخ نسبة طوله إلى قطره تساوي ٦ وزيادة تلك النسبة في حالة كونها أكبر من ٦ .

لدمج هذه الظاهرة في بعض المركبات مع معادلة سرعة الاحتراق تم تطوير عدة معادلات منها :

$$r = a\,Pc^{n}\ [1 + k(G - G^{*})]$$ *multiplicative law*

حيث أن K هو ثابت ، و G هي قيمة الكتلة النوعية للتيار . أما *G فهي الكتلة النوعية للتيار عند العتبة .

$$r = a\,Pc^{n} + k\,u$$ *additive law*

K ثابت u سرعة التيار .

٤- التغير في الضغط: عندما يعمل المحرك الصاروخي فإنه يحصل تزايد في الضغط على طول محور الحجرة الاحتراقية . هذه زيادة فيزيائية ضرورية لتسريع كتلة نواتج الاحتراق وخروجها عبر النازل . الضغط الاستاتي يكون في أعلى قيمة له عندما يكون سريان تيار الغازات المحترقة يقارب قيمة الصفر و يحصل ذلك في مقدمة المحرك الصاروخي . وبما أن سرعة الاحتراق لها علاقة مباشرة بهذا الضغط فإن سرعة الاحتراق تكون في أعلى قيمة لها في ذلك الموضع . إلا أن تأثير هذه الظاهرة قليل بسبب التأثير العكسي لسرعة الاحتراق المتآكل .

٥- تزيد سرعة احتراق الوقود بزيادة تسارع الصاروخ : فإذا ماكان التسارع ناتجا عن قوى طولية (القوة الدافعة F) أو عن فتل الصاروخ حول محوره الطولي أو كليهما فإن مساحة الاحتراق التي تكون غير متوازية مع المحور العرضي (تشكل ٦٠-٩٠درجة مع شعاع التسارع) تكون معرضة لأن يحصل فيها زيادة في سرعة الاحتراق . هناك ثلاثة أسباب لذلك :

ا- الفتل يقلل من كتلة الدفق(معدل التدفق) FLUX عند مضيق النازل ، هذا الانخفاض في كتلة الدفق له نفس النتيجة لما يحصل عند التقليل في مساحة مضيق النازل مما يعني زيادة في ضغط الحجرة و بالتالي زيادة في سرعة الاحتراق .

ب- نمط التدفق الانسيابية تزيد في التحول الحراري في الوقود .مما يساعد في سرعة الاحتراق.

ج- قوة التسارع قد تسبب في ابقاء نواتج الاحتراق الصلبة بالقرب من مساحة الوقود.

٦- في حالة كون الصاروخ يلف حول محوره الطولي بمعدل ٤٢٠د/د فإنه ينتج تسارع زائد قدره ١٠ مرات تسارع الجاذبية و يمكن أن يؤثر هذا في سرعة الاحتراق ، إلا أن أغلب الصواريخ التي قطرها أقل من ١٠ سم لا تحتاج إلى كل هذا المعدل ، وبالتالي لا تأثير للفتل عليها .

تغيير سرعة الاحتراق

يمكن أن نضطر إلى تغيير سرعة احتراق وقود ما لأسباب متعددة ، فمثلا إذا رغبنا في إجراء احتراق من نهاية الصاروخ End burning فقط للحصول على احتراق ثابت فإنه يتوجب علينا زيادة سرعة احتراق الوقود المستعمل لأن مساحة الاحتراق ليست كبيرة . أو مثلا يكون لدينا محرك نسبة الطول / القطر فيه L/D عالية فإننا نريد إبطاء سرعة احتراق الوقود المستعمل . توجد عدة طرق لتغيير سرعة الاحتراق:

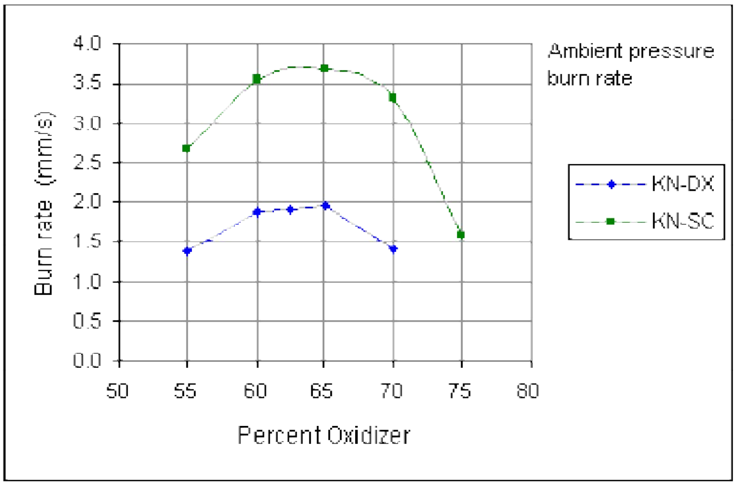
١- التقليل في حجم جزيئات المؤكسد قبل خلط الوقود و تحضيره.

٢- الزيادة أو التقليل في نسبة المؤكسد في الوقود (نسبة O/F أعلى أو أقل).تحسب كتلة الألومينوم مع الوقود F ، وقد تصل نسبة الألومينيوم إلى ١٣,٥% أو حتى ١٨% مع تغطيته بالكروم إن أمكن.

٣- إضافة مادة تسرع أو تخفض في سرعة الاحتراق دون التأثير في قوة الوقود.

٤- تشغيل المحرك في ضغط حجرة احتراقية أعلى أو أخفض.

١- تزيد سرعة احتراق جل أنواع الوقود الصاروخي المركب الصلب بالتقليل في حجم جزيئات المؤكسد المستعمل ، ولأن حجم جزيئات المؤكسد محدودة على أي حال فإن هذه الطريقة محدودة كذلك. يتم الحصول على جزيئات صغيرة بسحنها في آلة سحن التوابل أو البن مع ملئها و تشغيلها لمدة ٢٠-٢٥ ثا فتعطي لنا أحجاما بقطر ١٠٠ ميكرون . يمكن الحصول على جزيئات صغيرة جدا (٢٠ميكرون) بوضع المؤكسد المسحون في حاوية بها كريات زجاجية تدور لمدة ٢٤ساعة . تعطينا هذه الطريقة زيادة في سرعة الاحتراق قد تصل إلى ١٦% و هذا في الضغط الجوي العادي أما في ضغط الحجرة الاحتراقية فإن الزيادة تكون مختلفة حسب تأثير سرعة الاحتراق بمعامل السرعة أو أس الضغط. إذا تغير الأول فإن سرعة الاحتراق تتغير بنفس التغيير أما إذا تغير أس الضغط فإنه لا يؤدي إلى نفس التغيير. التقليل في سرعة الاحتراق بزيادة حجم جزيئات المؤكسد لا تعتبر طريقة جيدة فقد تم حساب ذلك تجريبيا مع وقود نترات البوتاسيوم/ سكروز ، حيث أن *C للوقود بجزيئات ٢٥٠ميكرون كانت تساوي ٨٥٠م/ثا أما بالنسبة لجزيئات بحجم ١٠٠ميكرون فكانت *C تساوي ٩١١م/ثا أي يؤدي التغيير في سرعة الاحتراق برفع حجم الجزيء إلى الفقدان في كفاءة الوقود بنسبة ٧%.



٢- أغلب أنواع الوقود الصاروخي تتأثر بشكل كبير عند التغيير في نسبة المؤكسد إلى نسبة الوقود في الخلطة O/F ، طبعا التغيير في سرعة الاحتراق بهذه الطريقة يكون مقيدا بكفاءة الوقود الصاروخي و خواصه الفيزيائية.

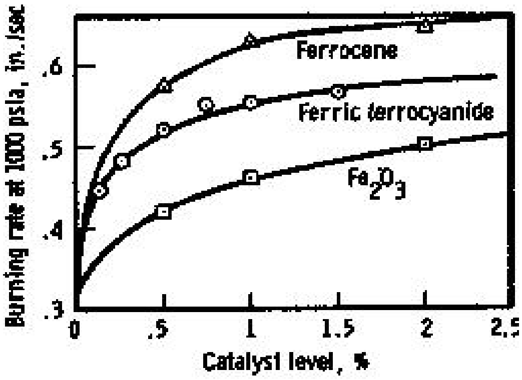
٣-أفضل طريقة و أكثرها فعالية في التأثير على سرعة الاحتراق هي إضافة محفزات Catalysts في الخليط . المحفز يمكن أن يكون مسرعا ، و هو مركب كميائي يضاف بكميات صغيرة (غالبا بضعة أجزاء من المئة أو أقل في كتلة الوقود الكلية) . يؤثر المحفز إما في: تسريع تحلل الوقود ، تسريع تحلل المؤكسد ، تسريع تفاعل غازات الوقود في منطقة الاحتراق ، زيادة إلى ذلك تحول الطاقة (انتقال) في سطح الوقود . المسرعات تزيد في سرعة الاحتراق بزيادة معامل سرعة الاحتراق a و بعض مخفضات السرعة تزيد في أس الضغط (جاعلة الوقود أكثر حساسية للزيادة في الضغط).

أمثلة على مسرع الاحتراق : المحفزات المستعملة في الوقود الصاروخي المعتمد على بيركلورات الأمونيوم هي : Ferric Oxide (Fe_2O_3), copper oxide (CuO), Manganese Dioxide (MnO_2 copper chromate ($Cu_2Cr_2O_5$ or $2CuO\ Cr_2O_3$).

المحفزات في وقود مستعمل نترات الأمونيوم كمؤكسد هي : Potassium dichromate $K_2Cr_2O_7$ or ammonium dichromate $(NH_4)_2Cr_2O_7$

أما الوقود المستعمل لنترات البوتاسيوم كمؤكسد : Ferric Oxide (Fe_2O_3), Iron sulphate ($FeSO_4$) and potassium dichromate

يتم استعمال السناج Lampblack (كربون نقي) لرفع سرعة الاحتراق بشكل طفيف في جل أنواع الوقود الصاروخي وذلك بسبب تأثيره على زيادة تحول الطاقة من شعلة الاحتراق إلى سطح الوقود.كذلك يؤدي دور إبعاد الحرارة عن الوقود فلا يترك الشعلة تخترق الوقود فيتهشم.

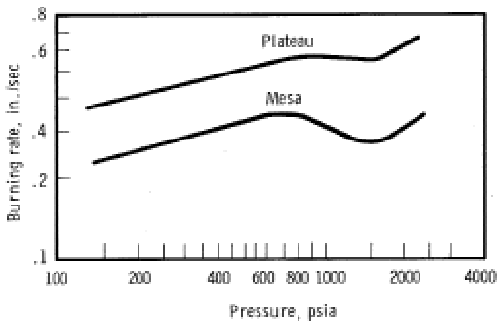


تأثير مركبات الحديد على سرعة الاحتراق: تم التعرف على أن المحفز Ferric oxide لديه تأثير جيد في تسريع الاحتراق ، فقد تم إضافة ١% فقط إلى المركب فزادت سرعة الاحتراق بنسبة ٦٠% . يظهر المنحنى التالي تأثيره في وقود صاروخي آخر وهو AP/PBAN

أمثلة على مثبطة الاحتراق المخفضة للسرعة: هو مركب يعمل عكس عمل الحافز المسرع ، تستعمل هذه المركبات للتقليل من سرعة احتراق وقود ما. عند استعمال وقود به مؤكسد AP فإنه يمكننا استعمال: oxamide (NH2 CO2)2 وهو فعال في تخفيض سرعة الاحتراق دون التضحية بكفاءة الوقود ، أمثلة أخرى للمخفضات هي : calcium carbonate, calcium phosphate, ammonium chloride and ammonium sulphate.

أما بالنسبة للوقود نترات البوتاسيوم / دكستروز فإن الرطوبة تعتبر عاملا مخفضا لسرعة الاحتراق . كل تلك المخفضات لسرعة الاحتراق تجعل الوقود صعب الاشتعال مما يتطلب زيادة في الصاعق الاشتعالي.

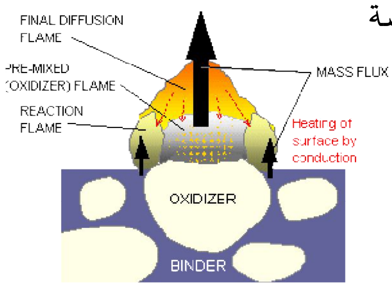
٤- من أجل كل وقود صاروخي يَتْبع قانون Saint Robert أي سرعة احتراقه متزايدة بزيادة الضغط ، فإننا عند تصميم محرك صاروخي يعمل في ضغط حجرة احتراقية منخفض فإننا نتحصل على سرعة احتراق منخفضة . نلاحظ هذه الخاصية جيدا عند تصميم محرك صاروخي من وقود لديه أس ضغط n عالٍ. أما بالنسبة لوقود لديه ظاهرة Mesa or Plateau فإن طريقة الحصول على سرعة احتراق منخفضة بتصميم ضغط الحجرة الاحتراقية لا تعمل جيدا.



يمكن التقليل في ضغط الحجرة الاحتراقية للتخفيض من سرعة احتراق وقود ما إلا أن هذه الطريقة تسبب انخفاضا في كفاءة الوقود الصاروخي.

ظاهرة الاحتراق

احتراق الوقود الصاروخي الصلب يعتبر ظاهرة معقدة جدا . يحتوي الوقود الصاروخي في أبسط مكوناته على جزيئات من المؤكسد السابحة في مصفوفة من الرابط (الوقود) . يجب معرفة العملية الأساسية التي تؤثر و تتحكم في الاحتراق. بعض هذه العمليات تتمثل في: عملية تسخين المرحلة الصلبة للوقود أثناء الاحتراق ، تفكك المؤكسد و الرابط (الذي يحترق في درجة حرارة مختلفة) ، احتمال ذوبان وتبخر مكونات الوقود ، اختلاط و تفاعلات أخرى في مرحلة طور الغازات. تم تقديم عدة نماذج لتفسير الاحتراق ووصفه كنموذج *Beckstead–Derr–Price* ***(BDP)*** model and the *Petite Ensemble Model* ***(PEM)***. حيث أن هذا النموذج BDP يقترح أن مكونات الشعلة لاحتراق وقود مركب هي غير متجانسة و إنما تتكون من عدة أنواع من الشعلة و ثلاثة مناطق احتراق ، اثنان منها شعلة تفاعل حركي وواحدة شعلة منتشرة . ينكسر المؤكسد في شعلة تفاعل واحدة معطيا أوكسجينا للشعلة المنتشرة . يتحلل الرابط في شعلة التفاعل الحركي الثانية ثم يندفع في الشعلة المنتشرة . تتدخل بعض العوامل في هذا التفاعل مثل طاقة التبخر ، طاقة التوصيل في الحالة الصلبة و بعد تعادل الشعلة. نقطة ضعف النموذج BDP أنها تعتبر المؤكسد متواجدا على شكل واحد بينما في الواقع توجد أحجام مختلفة منه ، خاصة الـAP يتم عن قصد استعمال على الأقل حجمين من الجزيئات لتساعد في الخلط الجيد للوقود وهذا ما يأخذه النموذج PEM بعين الاعتبار.

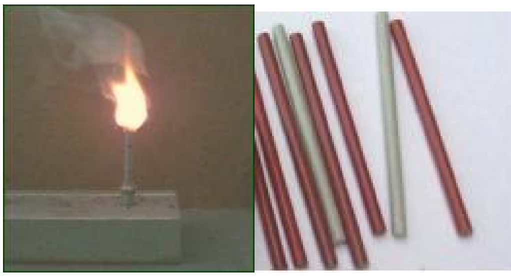


حساب سرعة الاحتراق

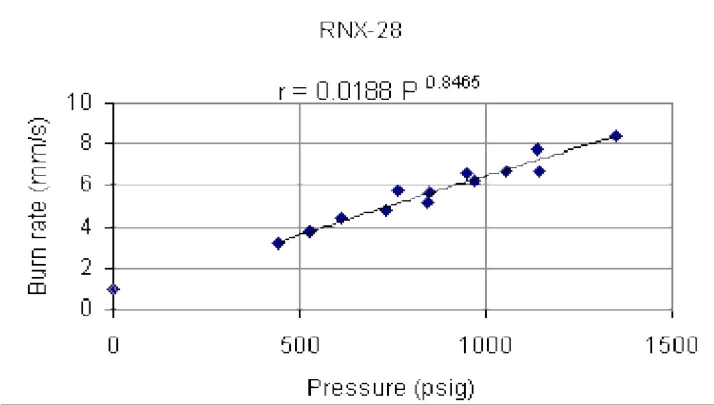
توجد عدة طرق لحساب سرعة الاحتراق ، توجد ثلاثة طرق معتمدة في ذلك نكتفي بذكر اثنتين منها:

- استعمال جهاز Crawford type Strand Burner
- حساب سرعة الاحتراق باستعمال منحنى الضغط بدلالة الزمن المتحصل عليه باختبار محرك صاروخي.

١- استعمال جهاز Crawford type Strand Burner: يتم احراق عينة أسطوانية الشكل في أسطوانة نوعا ما كبيرة مغلقة بها ضغط مرتفع من غاز النتروجين و معين . تحرض العينة (إشعال) كهربائيا فتشتعل من طرف واحد . تكون العينة على شكل قلم طويل يتم كبح السطح الخارجي منها كي يتم التأكد من أن الاشتعال تم بشكل متعامد مع السطح .



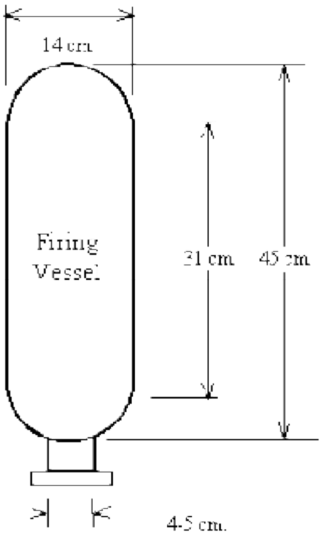
توجد عدة طرق لحساب زمن الاحتراق كأن نلف سلكا نحيفا جدا من الرصاص على قلم العينة حتى ينقطع عندما تصل الشعلة إليه فتتوقف الساعة، أو باستعمال Thermocouple (نوع من أنواع أجهزة قياس الحرارة كلما كان قطر السلك الداخلي صغيرا كلما كانت سرعة استجابته أكبر يقاس بالمليفولت في الـMultimeter). نستعمل غاز النتروجين N2 لملء الأسطوانة و رفع الضغط إلى الضغوط المرغوبة لأنه لا يتفاعل. ينبغي التنويه أننا نجري عدة اختبارات (١٠ اختبارات) مع الوقود الواحد، أنظر المنحنى التالي فهو يبين المنحنى الكلي للوقود . لا يكفي أن نجري الاختبار في الضغط المطلوب وهو ١٠٠٠psi و إنما نريد معرفة ماإذا كان لهذا الوقود خاصية Mesa or plateau ثم لأننا نريد حساب a و n.

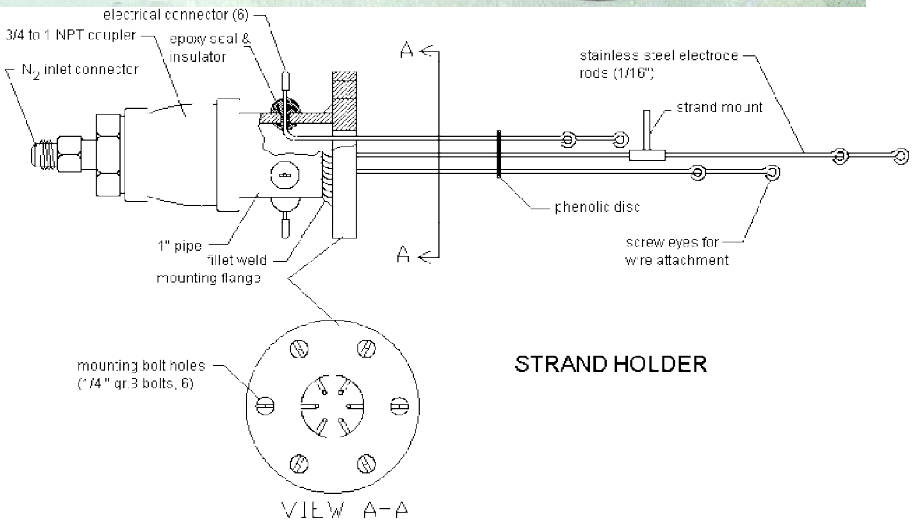


ينبغي إجراء تجارب على ضغوط مابين الضغط الجوي العادي إلى ضغط ١٥٠٠ psi.

هذا هو الجهاز المطلوب :

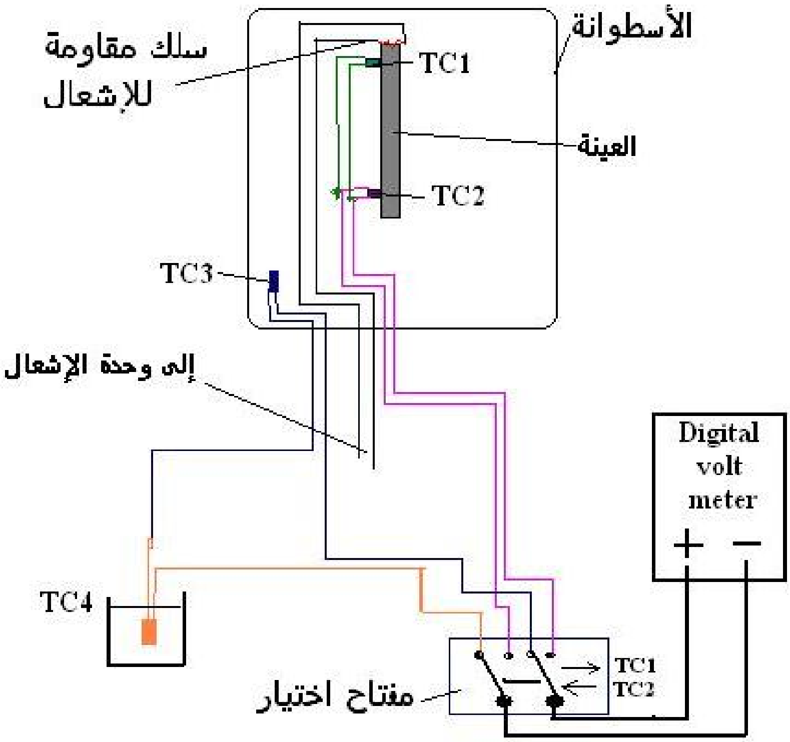
Figure 1 -- Strand Burner





STRAND HOLDER

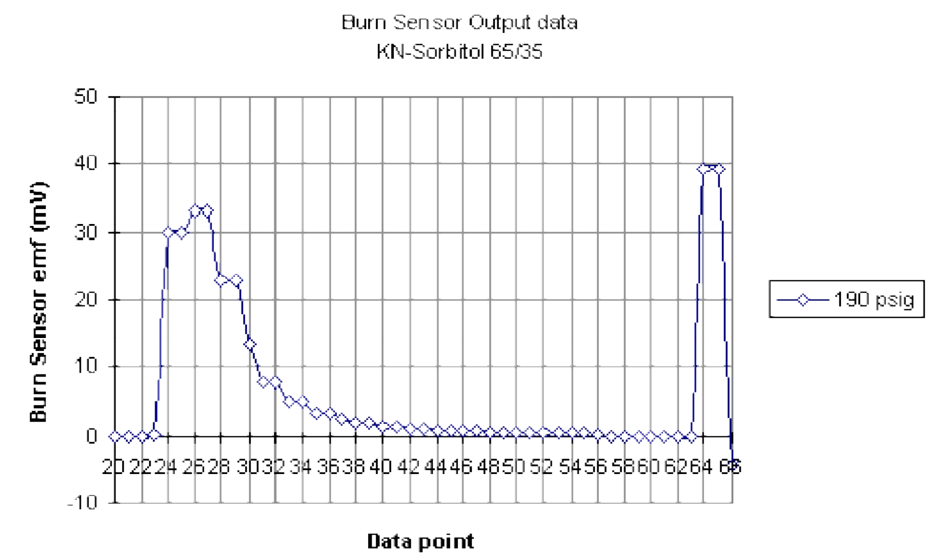
حيث أنه توجد ثلاثة Termocouples كلها داخل الأنبوبة ، اثنان منها تستعمل لحساب سرعة الاحتراق (الأول فوق و الثاني قريب من نهاية العينة) و المسافة التي تبعد بينهما يجب أن تكون معلومة بدقة، تربط هذه الـThermocouples على التوازي مع مفتاح يغير قراءة الـ Multimeter كل مرة من واحدة من الـ Thermocouples أنظر المخطط .



نلاحظ وضع TC1 ، TC2 على التوازي بينما TC3 و TC4 على التوالي بعد تسجيل أكبر قيمة للـTC1 ندير المفتاح إلى TC4 و TC3 ثم نرجعه إلى الوضعية الأولى فيقرأ TC2 لأن مقاومته أقل . الإشعال يكون كهربائيا قبلها يتم طلاء سلك المقاومة بمادة اشتعالية و تثبيتها بلصقة حرارية في مقدمة العينة.

التسجيل يكون بوضع كاميرا مقابلة للفولتميتر و أمامها ساعة رقمية . تعتمد في البرامج الكمبيوترية سرعة الاحتراق عند psi١٠٠٠ . يجب وضع الجهاز أفقيا وليس عموديا كما هو مبين في الشكل حتى لا تتقاطر نواتج الاحتراق على العينة غير المحترقة فتعطي نتائج خاطئة . نوع الترموكوبل المستعمل (Type K (chromel–alumel قطره ٠,٠١إنش معزولة Glass–braid أو صنف (Type E (chromel –constantin بنفس القطر و معزولة بالتفلون. سلك الإشعال من النيكل كروم رقيق ملحوم في زوج من أسلاك الرصاص . للضغوط المنخفضة نستعمل ساعة دقيقة من ٠–psi٣٠٠ أما للضغوط العالية نستعمل ساعة من ٠–psi٥٠٠٠ . يتم تجهيز عينة بطول ١٠–٢٠سم و قطر ٤–٦ملم ثم يتم فحصها تحت إضاءة قوية لمعرفة مابها من تجاويف أو عدم استمرارية ثم تطلى بطبقتين من HI–Heat Aluminium كطلاء عازل ثم تقطع بحجم ٥ سم تستعمل للضغوط المنخفضة ، و بـ ١٠سم لتستعمل للضغوط العالية (حيث تكون سرعة الاحتراق عالية) .

من أجل تحليل البيانات يتم إدخالها في جداول Excel لرسم منحنى بياني



يتم اتخاد أعلى نقطة مسجلة في الترموكوبل الأول على أنها بداية الحساب و مقارنة ذلك مع الساعة الرقمية الموضوعة أمام الـ Multimeter و المصورة بالكاميرا الرقمية (أو ساعة ضمن الكاميرا) ، كذلك الحال مع النقطة العلوية الثانية حيث نقوم بحساب سرعة الاحتراق مع معرفة مسبقة للبعد لنتحصل على الزمن الدقيق. يمكن استعمال حاوية أطول من أجل اشتعال لوقود سريع (خاصة في الضغط العالي) ، لا نستعمل حاوية كبيرة أكثر من اللازم لأننا نفقد كثيرا من غاز النتروجين مع العلم أنه ينبغي إجراء ١٠ تجارب لكل وقود . تحسب سرعة الاحتراق في psi١٠٠٠ ودرجة حرارة F٧٠ (٢١م) .

مثال تطبيقي للجهاز:

حساب n و a : بعد معرفة سرعة الاحتراق في الضغط ١٠٠٠psi نحسبها كذلك عند ١٢٠٠psi

$$r_1 = a_1 p_1^{n_1}$$

تتحصل على قميتين لسرعة الاحتراق على هذا الشكل:

$$r_2 = a_2 p_2^{n_2}$$

أما المعادلة الثانية فهي :

لدينا سرعة الاحتراق r1 عند الضغط p1 معروفة كذلك الحال r2 و p2 معروفة بالتجارب السابقة ، بهذا نكون قد تحصلنا على معادلتين ذات مجهولين حيث أن n1=n2 في مجال صغير للضغط و أن a1=a2 كذلك ، رياضيا بالتعويض حيث نعوض a بما يساويه من المعادلة الأولى في قيمته في المعادلة الثانية لنتحصل على مجهول واحد هو n على شكل دالة أسية نحلها باللوغارتم .

كلما كانت حساسية الوقود للضغط كبيرة كان n كبيرا مثل أن يكون يساوي ٠,٨ يمكن ملاحظة ذلك في المعادلة:

$$P_c = a\ (A_b / A_t)^{\frac{1}{1-n}}$$

تزيد P إذا كانت n كبيرة .

٢- **سرعة الاحتراق الآنية**

يمكن أن تحسب من منحنى الضغط بدلالة الزمن بعد القيام بتجربة إشعال ثابتة للمحرك . تعتمد هذه التجربة على أساس أن ضغط الحجرة الاحتراقية لديه علاقة مباشرة بسرعة الاحتراق بقيمة Kn و قيمة *C و كثافة الوقود . المعادلة ١ ---

$$P_o = K_n \rho_p c^* r$$

لدينا

$$c^* = \frac{A_t}{m_p}\int_0^{t_b} P(t)\, dt$$

حيث نأخذ عدة قيم للضغط مع مجال زمني معين لنجد Kn

$$\int_0^{t_b} P(t)\, dt = \sum_i P_i \ \Delta t$$

فنعوض في المعادلة ١ لنجد قيمة r سرعة الاحتراق .

ملاحظات :

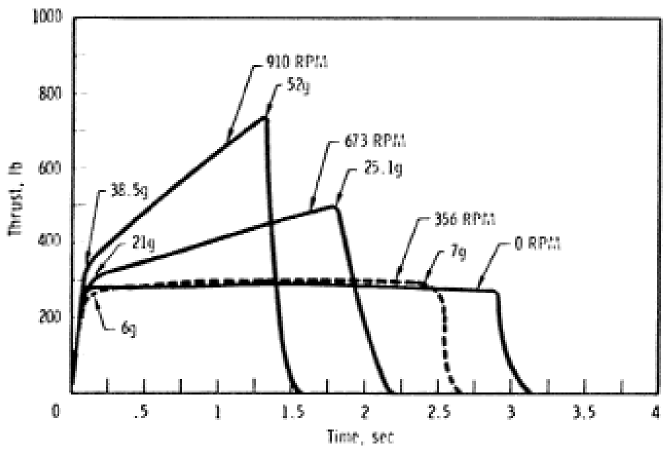
-غالبا ما تكون سرعة الاحتراق للوقود الصاروخي composite مابين ٠,٣ و ٠,٤ إنش/ثا عند ضغط ١٠٠٠ psi

-تؤدي الأخطاء في اختلاف حجم جزيئات المؤكسد في الوقود إلى اختلاف قيم n. لذا ينبغي إجراء 9 تجارب لكل وقود . ثلاث في كل مجال طوله psi٥٠٠.

- ينبغي تصميم نسبة مساحة مقطع عرضي للتجويف الداخلي (مساحة الاحتراق) على مقطع عرضي للمضيق تقدر على الأقل بـ ١ و يفضل أن يساوي ٢ و إلا حصل احتراق أكال Erosive burning .

- يحصل احتراق أكال كذلك في وقود درجة حرارة احتراقه أقل من F٣٠٠٠ و غالبا مايتم التخلص من هذه الظاهرة برفع درجة حرارة الاحتراق أي باستعمال وقود آخر أو إضافة بودرة الألومينيوم.

- عند فتل الصاروخ أكبر من القيمة المذكورة سابقا تتولد زيادة في سرعة الاحتراق و قيمة الدفع النوعي. يمكن التخلص من هذه المشكلة أو التقليل منها بخفض حجم جزيئات الألومينيوم إلى ٢٦ ميكرون أو التقليل من كمية الألومينيوم في الخلطة أو التقليل من سرعة الاحتراق ، هذا منحنى يبين الزيادة في سرعة الاحتراق وبالتالي الدفع النوعي عند فتل الصاروخ بأكثر من القيمة المذكورة سابقا :



حيث نلاحظ أنه ينبغي عدم الزيادة أكثر من ٣٥٦ د/د فتعطي زيادة بسيطة.

- يجب ألا يكون الخطأ في حسابات السرعة أكبر من ٢% .

- في حالة حصول اشتعال اهتزازي نضيف ٢-٥% ألومينيوم إلى الخلطة .

– هذا جدول يبين بعض الخواص الباليستية لمختلف أنواع الوقود الصاروخي :

Table II.—Typical Internal Ballistic Properties of Some Operational Propellants (ref. 8)

Type	Metal, %	r^{1000} (1)	n, 800-1000 psi range (2)
AP/FC/Al	19.5	0.30	0.54
AP/NC-NG/Al	20.9	0.78	0.40
AP/NC-TEGDN/Al	18.0	0.825	0.50
	20.0	0.70	0.36
AP/PBAA/Al	14.0	0.32	0.349
	16.0	0.28	0.200
	5.0	0.47	0.362
AP/PBAN/Al	15.0	0.55	0.33
AP/CTPB/Al	17.0	0.445	0.40
	16.0	0.34	0.30
	10.0	0.30	0.26
AP/CTPB/Be	11.0	0.38	0.33
AP/PS	0.0	0.35	0.434
AP/PS/Al	2.0	0.31	0.333
AP/PU/Al	15.0	0.275	0.15
	7.75	0.315	0.214
	20.0	0.31	0.32
	2.0	0.29	0.387
AP/PU/Be	14.0	0.285	0.43
AP/PVC	0.0	0.44	0.38
AP-HMX/NC-TMETN-TEGDN	17.0	0.47	0.64
AP-HMX/NC-NG/Al	19.8	0.55	0.49
NC/NG	0.0	0.45	0.0

(1) r^{1000} = linear burning rate at 1000 psia, in./sec.
(2) n = pressure exponent in burning-rate equation, $r = aP_c^n$ (sec. 2.3.1.1.1).

– حجم جزيئات بودرة الألومينيوم تؤثر كذلك في سرعة الاحتراق لكن بشكل أقل من الـ AP ، حيث وجد أن حجم جزيئات ٥٨ ميكرون أعطت سرعة احتراق ٥,٢ملم/ثا ، أما ٣٠ميكرون فأعطت ٥,٤ملم /ثا.

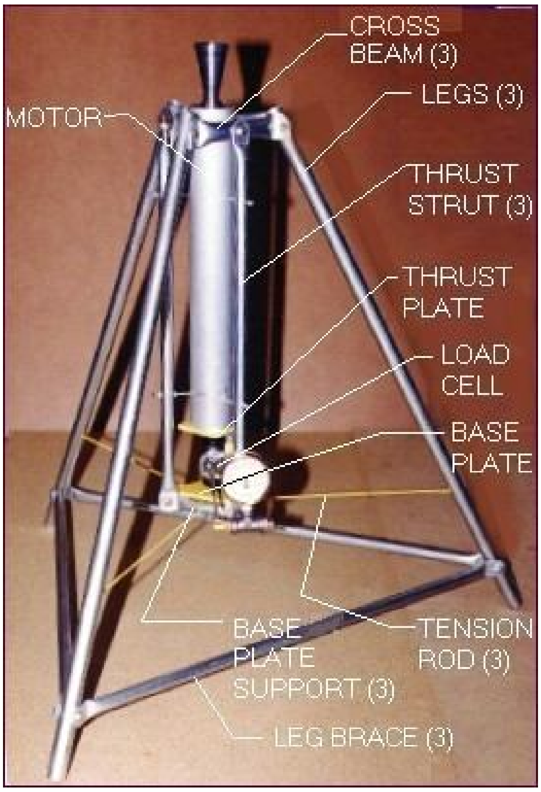
الاختبار الاستاتي للمحرك الصاروخي
Static test

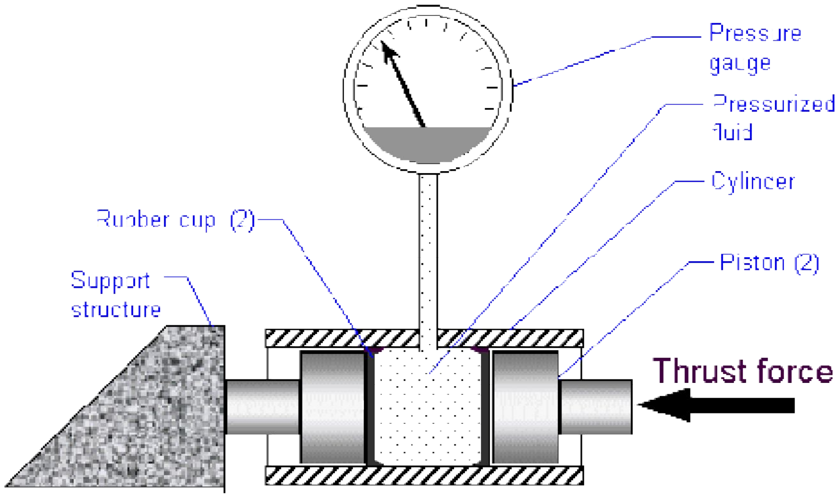
من بين أهم الاختبارات الاستاتية ، الاختبار الاستاتي للمحرك الصاروخي ، حيث يتم تثبيت المحرك رأسيا بشكل جيد ثم إشعاله لرفع بعض القياسات المهمة و الخروج بنتائج مصيرية . من بين النتائج و القياسات المرفوعة هي :

- حساب الدفع العام total thrust It للمحرك الصاروخي
- حساب قيمة الدفع النوعي Isp للوقود المستعمل.
- حساب متوسط الدفع F.
- التأكد من أن المحرك يتحمل الضغط الناجم عن الحجرة الاحتراقية.
- التأكد من مدى تحمل النازل للاحتراق بإجراء قياسات على المضيق.

بهذه القياسات كلها يمكننا التأكد من مدى مطابقة التصميم الحالي للمحرك للاحتياجات البالستية النظرية للصاروخ.

جهاز الاختبار الاستاتي





يعمل هذا الجهاز على هذا المبدئ حيث يتم استعمال بستم Piston مكينات الرفع الهيدروليكي ، الضغط المسجل و المصور بالكاميرا بالـ psi (رطل / إنش٢) يحول إلى الرطل وذلك بضرب قيمة الضغط في مساحة القطر الداخلي للبستم بالإنش المربع ، حيث المعادلة التالية p . F= A حيث أن p (pressure) هو الضغط المسجل بالـ psi (أي رطل/إنش مربع) ، و أن A (Area) هي المساحة الداخلية للبستم بالإنش المربع و أن F (Force) هي القوة المجراة على البستم بالرطل .

تصميم الجهاز

لتصميم جهاز يتحمل ضغطا عاليا ينبغي أن يكون البستم المستعمل بالقطر اللازم لإعطاء قراءة ضغط معقولة . ذكر في التصميم المصور السابق أن البستم المستعمل في جهاز فرملة السيارات قطره ١٩,١ ملم يتحمل ١٥٠٠رطل بكل أريحية . بالنسبة للصاروخ الذي مداه ٢٠كلم (موجود لاحقا) فإن الدفع العام التقريبي هو ٥٣٤٧٢,٦نيوتن. ثانية ، لحساب متوسط قوة الدفع نقسم قيمة الدفع العام على زمن الاحتراق $F = I_t / t_b$ ، F= ٥٣٤٧٢,٦/١,٩٢ =٢٧٨٥٠نيوتن ، لتحويل النيوتن إلى الرطل نقسم على ٤,٤٥ لنجد F=6258.4 pounds

أما من أجل الصاروخ ٥٠ كلم فإن الحسابات كالتالي:

F=106994.29/2.92=36641.88 N مع التحويل إلى الرطل نجد أن F=8234.130 pounds . وجد أن البستم بقطر ١٩,١ ملم يتحمل ١٥٠٠رطل لذلك فإن أقل بستم يمكن استعماله يكون بقطر ١٠٤,٨ملم ، نأخذ بستم بقطر ١٤٠ ملم . مساحة قطر البستم تقاس بالمعادلة التالية

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

وجد أن بستم قطره ٢٨,١ملم أعطى مساحة ١,٠٠٦إنش ٢ منه ١٤٠ ملم قطر بستم يعطي مساحة ٤,٩٢ إنش٢ منه الضغط المقروء هو ٨٢٣٤,١٣/٤,٩٢=١٦٧٣,٦ psi أي ١١٥,٤ بار ينبغي استعمال ساعة من ٢٥٠٠-٥٠٠٠ psi.

النتائج

تم تصميم جهاز على قياس صاروخ مداه ٥٠كلم لأن الدفع أقوى من صاروخ مداه ٢٠كلم ولهذا فإن الضغط المجرى على بستم قطره ٣,١٣ إنش٢ هو psi٢٠٠٠ (١٣٧,٩بار).

كلما زاد قطر البستم كلما كانت قراءة الضغط منخفضة . عند النتائج يتم تحويل الضغط إلى وحدة الدفع (الرطل) كما ذكر سابقا حسب المعادلة التالية F=A.p

F= 1.006inch2 * 6221 pound/inch2 =6258.4pounds

فنقوم بتحويل منحنى الضغط (المصور بالكاميرا) إلى منحنى قوة الدفع F . ورسم المنحنى لاستخلاص النتائج التالية منه.

حساب الدفع العام It : يحسب الدفع العام عادة بإجراء الاشتقاق على المعادلة :

$$I_t = \int_0^t F\,dt$$

أي أن الدفع العام هو المساحة المحصورة تحت منحنى الدفع . إلا أننا للتبسيط نقوم بحساب الدفع العام بهذه الطريقة : نسجل قراءة قيمة قوة الدفع المتوسط F كل ٠,١ثا

حيث أن :

$$I_t = \frac{F_0 + F_1}{2}(t_1 - t_0) + \frac{F_1 + F_2}{2}(t_2 - t_1) + \ldots$$

أي بإمكاننا القول : $(t_1 - t_0) = (t_2 - t_1) = \Delta t$ ويساوي هنا ٠,١ثا نخرجها عاملا مشتركا فيكون

$$I_t = \Delta t\,(F_1 + F_2 + F_3 + \ldots)$$

مثال I= 0.1(2000N+5000N+ 6500N+...)

حساب متوسط الدفع

حيث تساوي قيمة الدفع العام على زمن الاحتراق

$$F = I_t / t_b$$

زمن الاحتراق يعرف من المنحنى المتحصل عليه من التجربة.

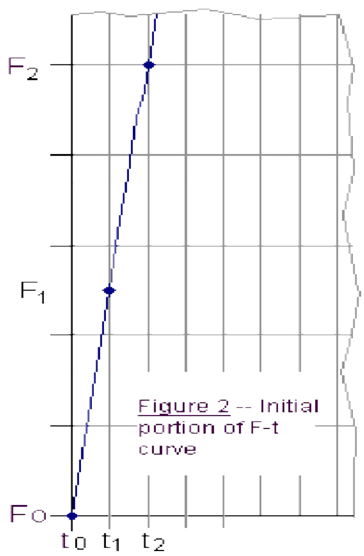


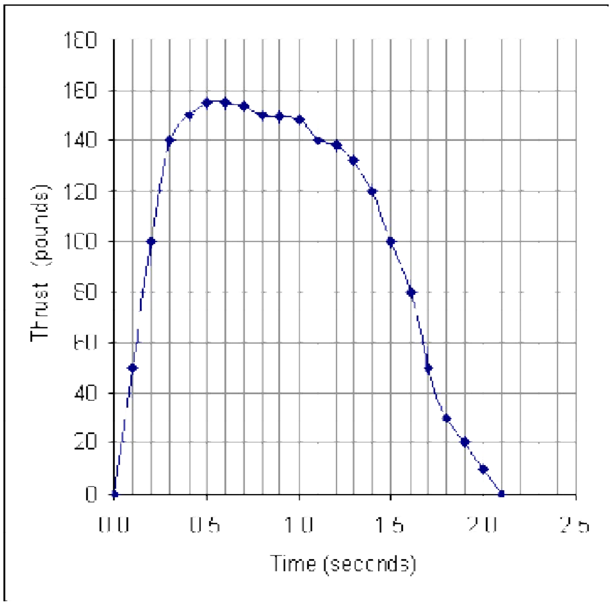
Figure 2 -- Initial portion of F-t curve

حساب قيمة الدفع النوعي للوقود المستعمل:

$$I_{sp} = I_t / m_p$$

بالرطل ثانية/رطل

<u>مثال</u> : قراءة لصاروخ صغير استعمل وقود نترات البوتاسيوم / سكر :



Time	Thrust
0	0
0.1	50
0.2	100
0.3	140
0.4	150
0.5	155
0.6	155
0.7	154
0.8	150
0.9	149
1	148
1.1	140
1.2	138
1.3	132
1.4	120
1.5	100
1.6	80
1.7	50
1.8	30
1.9	20
2	10
2.1	0
	2171 = Sum

$I_t = 2171 \times 0.1 = \underline{217\ lb\text{-}sec}$ بعد التحويل إلى نيوتن ثانية نجد:

$I_t = 217 \times 4.448 = \underline{966\ N\text{-}sec}$

فإذا كانت كتلة الوقود نترات البوتاسيوم / سكر هي ١,٦١رطل فإن الدفع النوعي لهذا الوقود هو :

$I_{sp} = 217 / 1.61 = \underline{135\ lb\text{-}sec/lb}$ أي ١٣٥ثا اختصارا.

ويساوي ذلك بالنظام المتري $I_{sp} = 966 / 0.731 = \underline{1321\ N\text{-}sec/kg}$

$I_{sp} = 1321 / 9.81 = \underline{135\ sec}$.

أخيرا فإن متوسط الدفع هو :

$F_{avg} = 217 / 2.1 = \underline{103\ lbs.}$, or

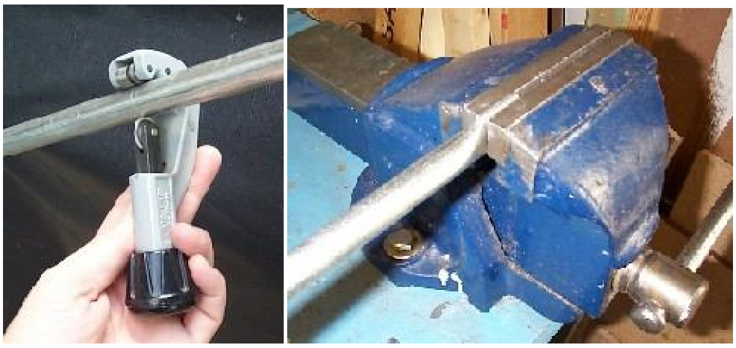
$F_{avg} = 966 / 2.1 = \underline{460\ N}$

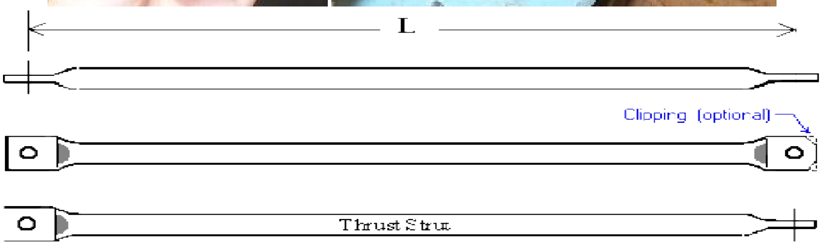
أي تتم القسمة على زمن الاحتراق

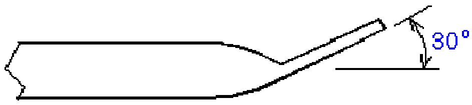
النتائج :

- النتيجة المهمة المستخلصة من التجربة السابقة أننا نقارن منحنى قوة الدفع في التجربة مع منحنى قوة الدفع النظري المتحصل عليه من برنامج Ballestic و محاولة الحصول على محرك عملي ذي مواصفات مطابقة للمحرك النظري المحسوب في البرنامج السابق.
- النتيجة الأخرى هي قياس مضيق النازل بعد الاحتراق و التأكد من ضرورة استعمال مضيق من الجرافيت أو السيراميك عوض عن الفولاذ الحراري. يعرف ذلك إذا زاد قطر المضيق عن ٥%.

صور لمخطط جهاز صغير لقياس الضغط:



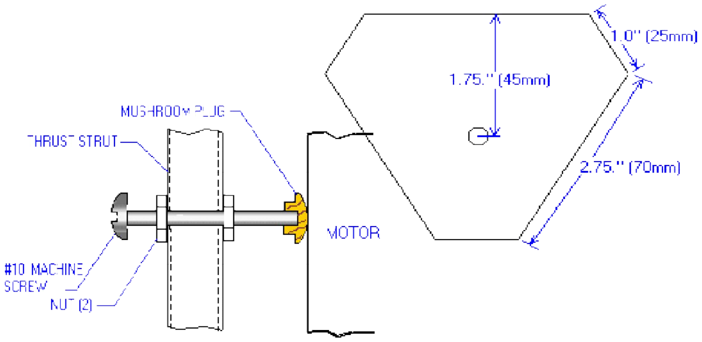




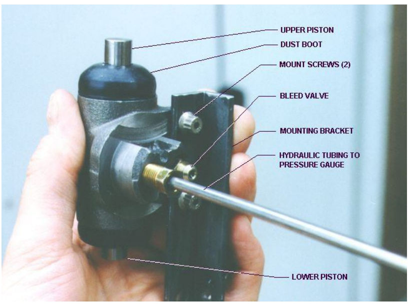
Strut Dimensions						
Component	No. req'd	EMT size	L		Cut length	
			(inch)	(mm)	(inch)	(mm)
Leg	3	3/4	28.94*	735*	32.83	834
Leg Brace	3	1/2	29.33	745	30.12	765
Thrust Strut	3	1/2	(21.46)	(545)	(22.64)	(575)
Cross Beam	3	3/4	5.51	140	6.69	170
Base Plate Support	3	1/2	4.33	110	5.31	135
Base Plate Retainer	1	1/2		-	3.94	100

* Distance between attachment holes

(Cut to suit. Length shown is for Kappa motor)



Structural Fasteners		
1/4 inch bolt + nut, SAE Grade 5 or 8		
Location	Length (inch)	Qty.
Leg-to-Beam	1.50	3
Leg-to-Brace	1.50	3
Thrust Strut, Upper	1.25	3
Thrust Strut, Lower	0.75	3

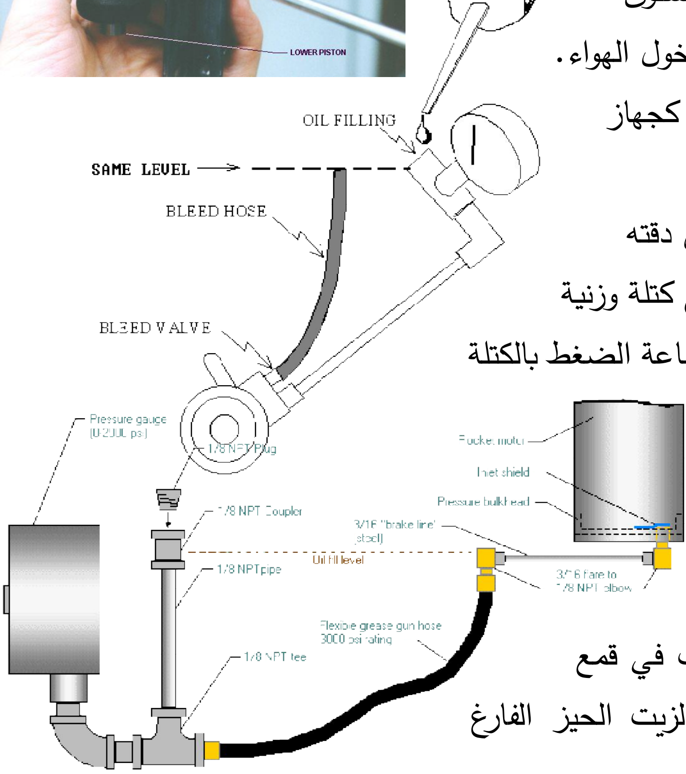


ملاحظات على جهاز الفرملة المستعمل في هذا المثال:

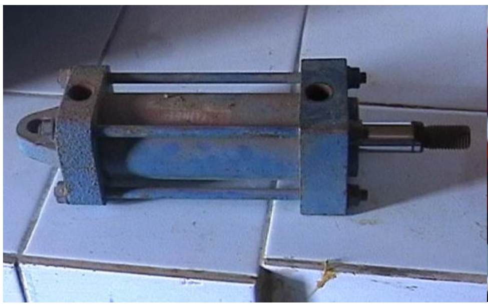
- ينبغي تشحيم الجهاز ، و ملء المجموعة بزيت هيدروليك على هذا المستوى الظاهر في الصورة لكي نضمن عدم دخول الهواء.

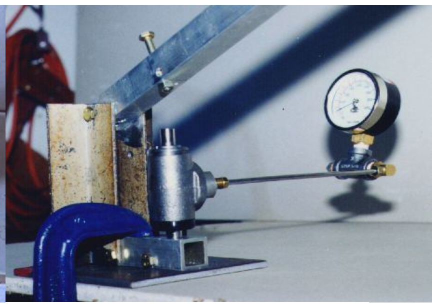
إذا كان جهاز الفرملة لا يسحب كثيرا كجهاز **بستم نقوم بالتالي:**

- إجراء تعيير للجهاز بالتأكد من دقته بضغط الجهاز بقيمة معلومة أو وضع كتلة وزنية معينة و مقارنة النتيجة المقروءة في ساعة الضغط بالكتلة أو الوزن الأولي والتأكد من دقة الجهاز أكثر بإضافة كتلة في كل مرة والمقارنة مع النتيجة.

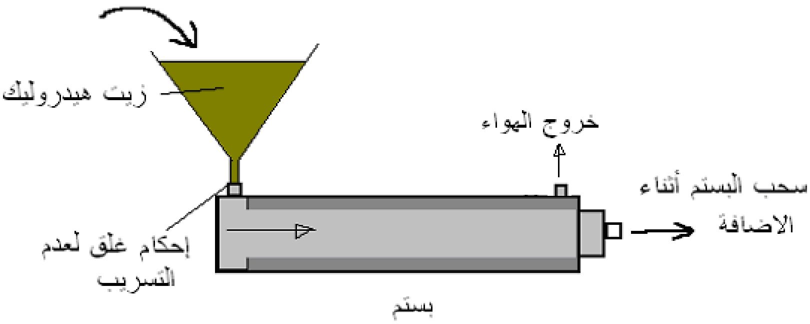


أما عند استعمال بستم أجهزة الكبس و الرافعات فنقوم بإضافة الزيت في قمع كبير مع سحب البستم لكي يشغل الزيت الحيز الفارغ حتى لا يدخل الهواء ويؤدي وظيفته على الوجه المطلوب.





يتم بعدها إحكام غلق مخرج الهواء . ثم تركيب ساعة الضغط مع مدخل الزيت.



السرعة المميزة لانفلات الغازات المحترقة C* و الدفع النوعي Isp

مقدمة

من بين القيم المهمة و اللازم حسابها تجريبيا سرعة انفلات الغازات المحترقة ، كلما كانت هذه القيمة كبيرة كلما كان أفضل ، كما يمكن مقارنة القيمة التجريبية مع القيمة النظرية المتحصل عليها من برنامج GUIPEP . يمكن حسابها عن طريق المعادلة التالية:

$$c^* = \sqrt{\frac{\frac{R'}{M}\,T}{k\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}}$$

حيث أن R' يمثل ثابت الغاز العالمي ، و M هي الكتلة المولية للغازات الناتجة ، T درجة حرارة الاحتراق ، k هو عدد يتم الحصول عليه من البرنامج GUIPEP .

$$P_o = K_n \, \rho_p \, c^* \, r$$

كما هو واضح فإن C* متعلق بضغط الحجرة الاحتراقية .

بهذه القيمة يمكن كذلك إجراء تجارب لحساب قيمة **الدفع النوعي** Isp عند تركيب نازل على شكل خرم عادي فيكون معامل الدفع Cf يساوي ١ بينما يكون مساويا لـ ١,٥ لنازل من النوع DeLaval.

$$I_{sp} = \frac{c^* \, C_F}{g}$$

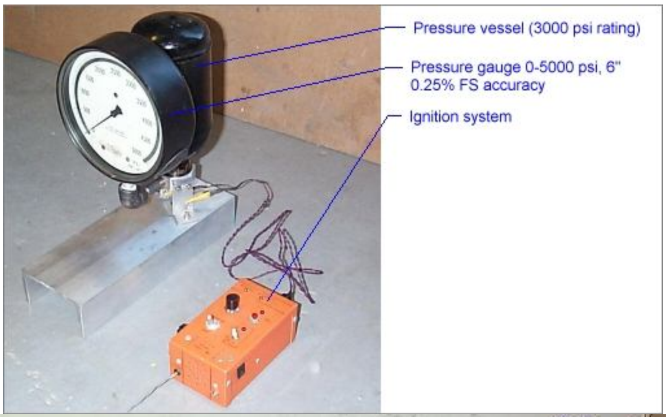
إلا أنه ينبغي حسابها عند 1000psi . فنقرأ قيمة الزمن في الضغط ١٠٠٠psi لنحصل C*. مع إجراء ثقب بسيط لكي يساوي المعامل ١ ثم نقوم بضرب هذه القيمة في ١,٥كافتراض أننا استعملنا نازل DeLaval و تقسم على ٩,٨١ لنتحصل على الدفع النوعي لهذا الوقود Isp. نقارنها مع القيمة النظرية . يمكن حساب قيمة الدفع النوعي من الاختبار الاستاتي للمحرك الصاروخي (لأي محرك يعطي احتراقا ثابتا) من منحنى قوة الدفع F (أنظر ملف الاختبار الاستاتي للمحرك) .

لإجراء تجارب عملية لحساب C* ، يمكن ربط الضغط الأقصى Maximum pressure بالـ C* عند معرفة كتلة الوقود و حجم الحاوية . يمكننا استعمال القانون المثالي للغازات **PV = m R'/M T** في معادلة C* لتسمح لنا أن نقول :

$$c^* = \sqrt{\frac{P_{MAX}\,V}{k \;\; m}\left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

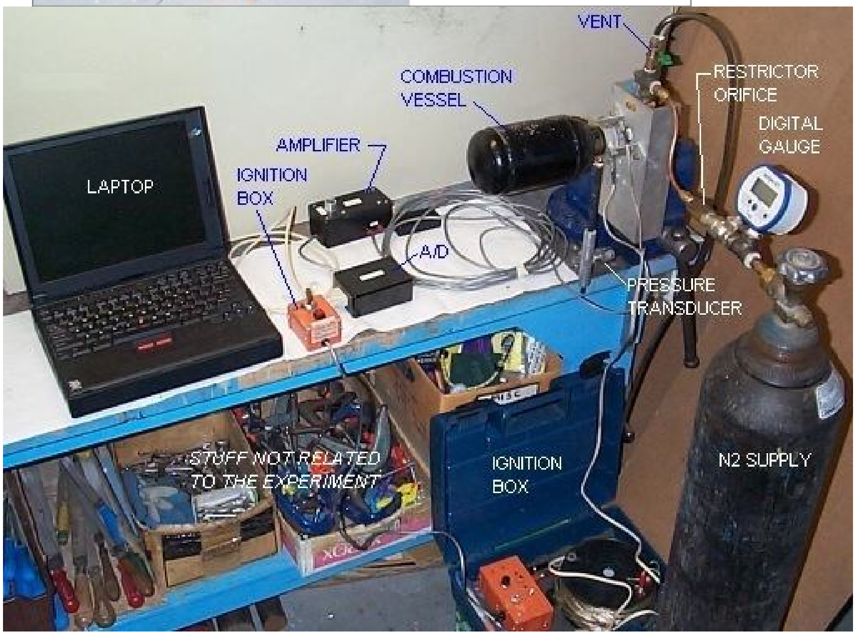
حيث أن V هو حجم الحاوية و m هي كتلة العينة .

صورة للجهاز اللازم تصنيعه :

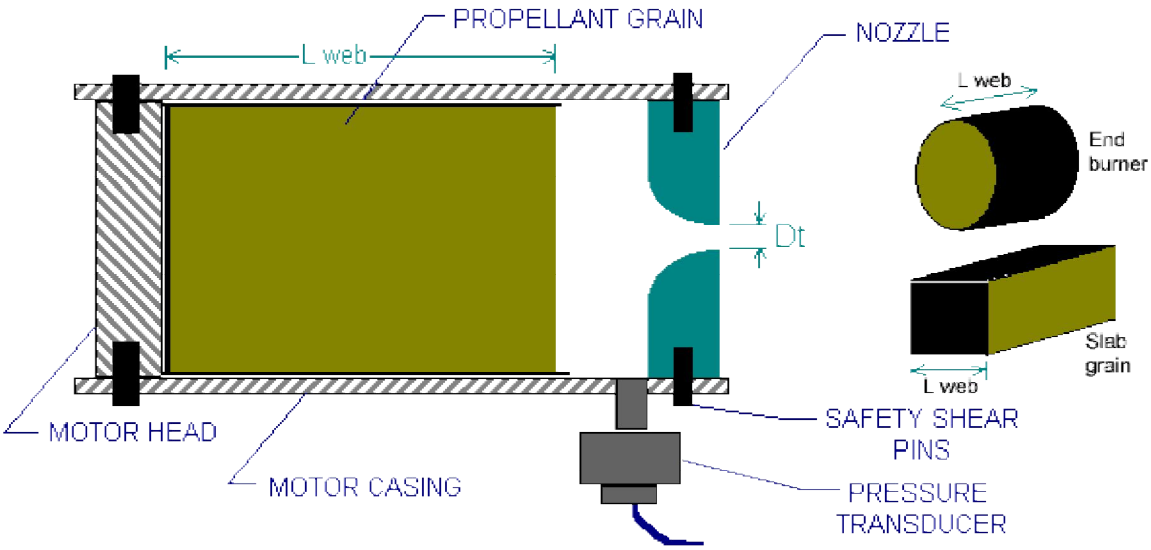


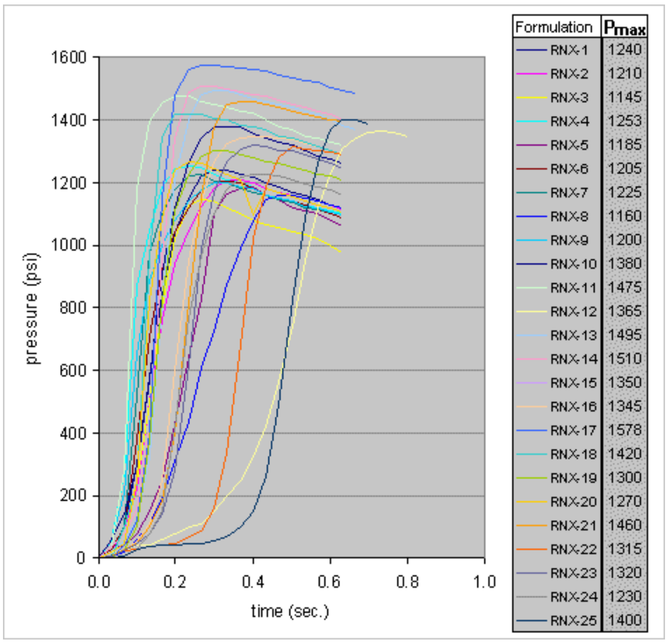
طول العينة ٢٥-٥٠ملم قطرها ٦ملم

.



كذلك يمكن استعمال هذا الجهاز.





يمثل الجدول السابق تجارب لعدة أنواع من الوقود الصاروخي ، أما الجدول التالي فيمثل نتائج التجارب السابقة :

Formulation	Characteristic velocity (m/s)		
	measured	ideal *	ratio
RNX- 1	868	901	0.964
RNX- 2	857	878	0.976
RNX- 3	836	923	0.905
RNX- 4	875	923	0.947
RNX- 5	850	923	0.921
RNX- 6	855	891	0.960
RNX- 7	863	891	0.968
RNX- 8	839	891	0.942
RNX- 9	853	878	0.972
RNX- 10	919	962	0.955
RNX- 11	950	962	0.987
RNX- 12	914	962	0.950
RNX- 13	953	983	0.970
RNX- 14	954	1000	0.954
RNX- 15	910	923	0.987
RNX- 16	908	924	0.983
RNX- 17	971	1015	0.957
RNX- 18	930	929	1.001
RNX- 19	892	887	1.006
RNX- 20	880	907	0.970
RNX- 21	929	1027	0.905
RNX- 22	878	1043	0.842
RNX- 23	898	938	0.957
RNX- 24	864	917	0.942
RNX- 25	924	n/a	

* based on GUIPEP Epoxy 201

الخواص الميكانيكية و الحرارية

مقدمة

يجب بعد تطوير أي وقود صاروخي معرفة خواصه الحرارية والفيزيائية و اختبار و معرفة خواص أخرى ، يشرح هذا الملف أهمها و كيفية حسابها .

الكثافة النوعية : تعرف بالغرام لكل ١ سم٣ حجما من المركب ، يمكن حسابها بغطس عينة من الوقود معروفة الكتلة في سائل (غالبا الماء) موضوع هذا الأخير في حاوية مدرجة تدريجا دقيقا يظهر لنا الزيادة في الحجم جراء غطس تلك العينة. نطرح الحجم الجديد في الحاوية من الحجم الأولي للسائل قبل غطس العينة . بالتالي نعلم حجم العينة ، بما أن الكثافة معرفة على أنها حاصل قسمة الكتلة على الحجم، منه نقسم كتلة العينة المعروفة مسبقا على حجمها المحسوب بالطريقة السابقة لنعلم كثافة العينة (الوقود) . في حالة توفر إمكانية العمل على العينة بالخراطة أو صب عينة في حاوية أسطوانية ، يمكننا بالتالي معرفة حجم الاسطوانة =٣,١٤Xنصف القطر تربيعXطول العينة . ينبغي التنبيه على أن العينة تكون قد تصلبت تماما قبل إجراء هذه التجربة.

$$\text{كثافة الوقود إجمالا} = \frac{1}{\frac{\text{النسبة المئوية للمركب أ}}{\text{كثافة المركب أ}} + \frac{\text{النسبة المئوية للمركب ب}}{\text{كثافة المركب ب}} + \cdots}$$

يمكن كذلك معرفتها من خلال البرامج الكومبيوترية مثل GDL و مقارنة كثافة الوقود الفعلية بعد الخلط و الكثافة النظرية . حيث يجب الوصول إلى نسبة ٩٢% فأكثر و إلا يدل على وجود فقاعات أو فجوات أو أخطاء في الوزن.

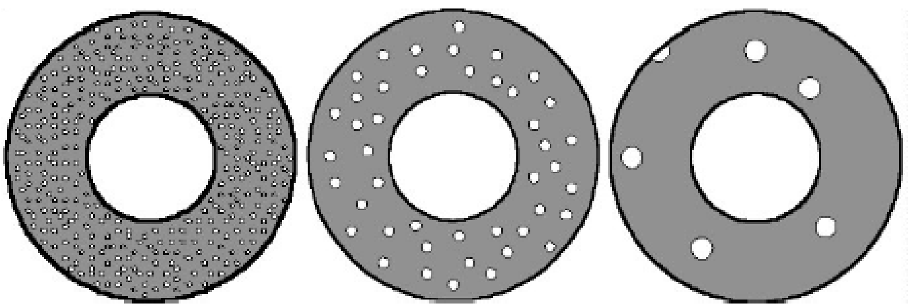


Illustration of 95% of theoretical density

يجب التأكد من كثافة الوقود وعدم وجود لفقاعات فيه.

الرطوبة : ينبغي التأكد من مدى تحمل الوقود للرطوبة مع إجراء التجارب في ذلك.

ينبغي إحكام إغلاق المحرك الصاروخي أو مواد الوقود الصاروخية التي تعتمد على الوقود المركب أو CMDB في الطقس الرطوب أكثر من ٤٠%. يتحمل وقود معتمد على AP رطوبة ما بين ٥٠-٦٠% لمدة ٦ أسابيع . أما الوقود المكون منها فيتحمل ذلك لمدة ٦ أشهر في طقس رطوب. فيبدأ التحلل في الرابط.

الهجرة : بعض أنواع الملدنات تهجر الوقود إلى البطانة فيجب إجراء تجارب على ذلك بوضع عينة تحت شفط هواء ٠,٣ميكرون زئبقي عند ٢٥م على الأقل ٢٤٠ساعة ثم نقيس الاختلاف في الوزن.

السمية : ينبغي معرفة درجة السمية للوقود أو نواتج احتراقه (لمس أو استنشاق الهواء في ظروف عمل و تصنيع الوقود) .

الخطورة: يجب معرفة درجة الخطورة للوقود ، حساسيته للاحتكاك، للطّرق، للصدمة الكهربائية وغيرها ، يتم إلقاء كتلة وزنها رطلا واحدا على العينة و على علو معين كل مرة فإذا اشتعل ٥٠% من العينة يسجل العلو الذي حصل فيه ذلك بالإنش.

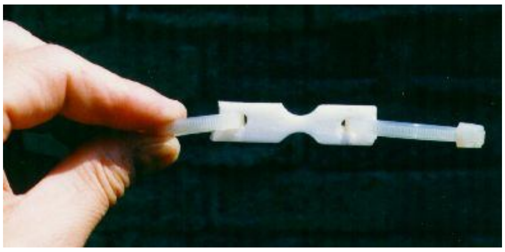
Table IV.—Typical Selected Hazard Properties of Some Operational Propellants (ref. 8)

Type	50% Fire impact, kg-cm(1)	Card gap, 0% fire or 50% fire(2)	Class, DOT/Mil.
AP/FC/Al	70–80	0:0	B/2
AP/NC-NG/Al	..	50%:75	B/2
AP/NC-TEGDN/Al	20	0:66	B/2
	..	50%:63	..
	9	50%:64	A/2
AP/PBAA/Al	..	0:0	B/2
	..	0:0	B/2
	..	0:0	A/7
AP/PBAN/Al	46	0:0	B/2
AP/CTPB/Al	22	0:0	B/2
	66	0:0	B/2
	64	0:0	B/2
AP/CTPB/Be	..	0:0	B/2
AP/PS	..	0:0	B/2
AP/PS/Al	..	0:0	B/2
AP/PU/Al	46	0:0	B/2
	50	0:0	B/2
	40	0:0	B/2
	..	0:0	B/2
AP/PU/Be	70	0:0	B/2
AP/PVC	48	0:0	B/2
AP-HMX/NC-TMETN-TEGDN	24	...	B/7
NC/NG	..	50%:35	B/7

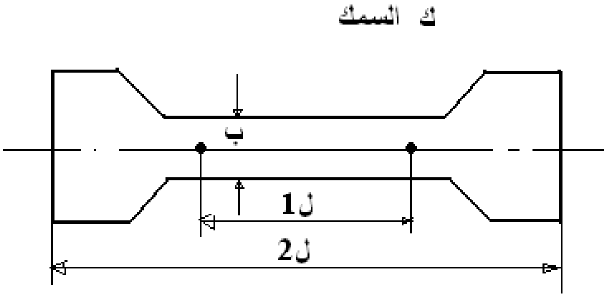
(1) 50% of samples detonate or deflagrate on impact of 2-kg weight dropped from a height measured in centimeters (sec. 2.6.2).
(2) Number of 0.01-in. cellulose acetate cards attenuating test charge when 0% or 50% of samples detonate (sec. 2.6.6).

الاشتعال الذاتي:يتم إجراء هذه التجربة على أنبوب من الوقود قطره ١إنش وآخر ٢إنش ووضعهما في فرن و رفع درجة الحرارة تدريجيا لمعرفة متى يشتعل كل منهما.

خاصية مقاومة الشد (السحب) Tensile strength (Ftu) : هي قدرة العينة على تحمل قوة معينة قبل أن تتكسر و يسمى بالإجهاد و يعرف بـ: مقاومة الجسم الناتجة من وحدة المساحات من مقطعه العرضي .

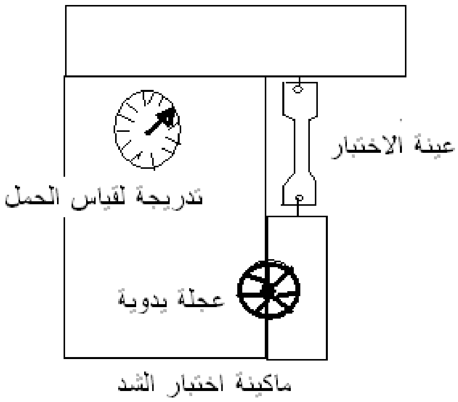


يعرف بـ الإجهاد = الحمل / مساحة المقطع العرضي للعينة



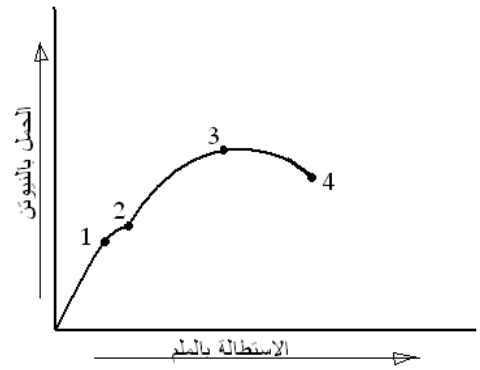
يتم تصنيع عينة من الوقود بهذا الشكل ثم تخرم لإدخال حلقتين بلاستيكيتين تساعداننا في شد العينة (بالنابض المعلم بالنيوتن) .

حيث تمثل ك سمك العينة ، ب عرض العينة ، ل١ الطول الحسابي للعينة ،ل٢ الطول الكلي للعينة.



__وجد في تجربة__ على وقود نترات البوتاسيوم/ سوربيتول أن قوة الشد لهذا الوقود تساوي ٧,٢نيوتن /ملم مربع.

تربط العينة في ماكينة الشد حيث يبدأ الشد للعينة إلي أن تتقطع من الوسط، يتم تسجيل القياسات التالية : ١حد المرونة ، ٢نقطة الخضوع ، ٣الحمل الأقصى، ٤نقطة التقطع .كل هذا حسب المنحنى التالي: يقاس الجهد بالنيوتن .



في تجربة لشد قطعة معدنية نقدم هذا المثال:

الاستطالة = طول العينة بعد الشد – طول العينة قبل الشد

الاجهاد = الحمل / مساحة المقطع العرضي للعينة

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

غالبا ماتكون سرعة الضغط ٢إنش / الدقيقة .

المطاوعة النسبية = الاستطالة / الطول الأصلي

معامل المرونة = الاحهاد / المطاوعة النسبية

الاستطالة النسبية = لَ –ل /ل X ١٠٠

تناقص مساحة المقطع النسبي = مسَ – مس / مس X ١٠٠

حيث أن : ل= الطول الحسابي للعينة قبل الاختبار ، لَ = الطول القياسي للعينة بعد الاختبار. مس = مساحة العينة قبل الاختبار ، مسَ = مساحة العينة بعد الاختبار .

متانة الجسم (قوة الانكسار) = القوة اللازمة لقطع عينة على شكل قضيب أو عينة على شكل صفيحة مساحة مقطع كل منهما العرضي يساوي عددا معينا من وحدة المساحات.

<u>**مثال :**</u> عند اختبار عينة من الصلب قطرها ١١,٣ ملم وطولها الحسابي ٥٦,٥ ملم كانت نتيجة الاختبار كما يلي : حمل الخضوع (حمل الانسياب) = ٢٥ كيلونيوتن ، الحمل الأقصى ٥٤,٥ كيلونيوتن ، قطر الانكسار ٧,٠٣ ملم ، طول العينة عند الانكسار = ٧١,١ ملم . احسب : جهد الانسياب ، المقاومة القصوى (أقصى جهد) ، الاستطالة النسبية ، تناقص مساحة المقطع النسبي.

الحل :

المساحة الأصلية =٣,١٤X (٥,٦٥ x٥,٦٥) = ١٠٠ ملم مربع . لأنه أسطوانة .

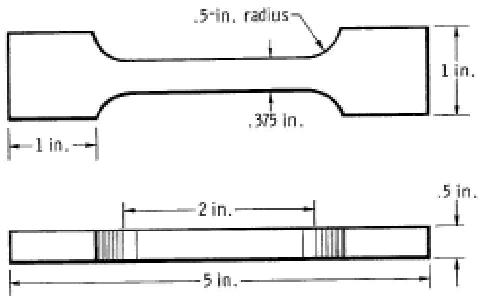
حد الانسياب = ٢٥٠٠٠/١٠٠= ٢٥٠ نيوتن / ملم مربع .

الاستطالة النسبية = ٧١,١-٥٦,٥/٥٦,٥ X ١٠٠ = ٢٥,٩%

تناقص مساحة المقطع النسبي= ٣,١٤(٣,٥١٥ x ٣,٥١٥) = ٣٨,٨٢ ملم مربع .

تناقص المساحة النسبي = ١٠٠-٣٨,٨٢/١٠٠ X ١٠٠ = ٦١,١٨%

مثال آخر من أبعاد العينة :

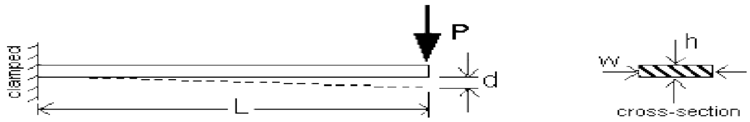


خاصية معامل المرونة Elastic modulus (E)

يعرف بمعامل يونغ، يعرف هذا المعامل كم يحصل للعينة من جهد (امتداد ، مرونة) عندما تتعرض للشد. يبين كم تميل العينة الممسوكة من جهة و متعرضة للشد من الجهة الثانية (للأسفل). هذا الانحراف يعرف بالتالي :

$$\Delta = \frac{PL^3}{3EI}$$

حيث أن دلتا تساوي مدى الانحراف



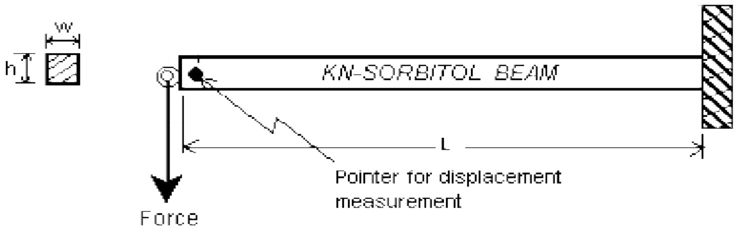
$$E = \frac{4P}{dw}\left(\frac{L}{h}\right)^3$$

P هو الحمل المجرى

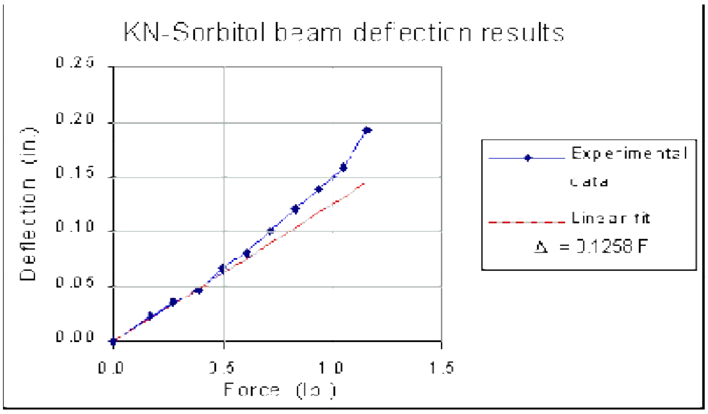
L طول العينة

I مساحة عزم القصور الذاتي للعينة وهو معلوم هنا.

واضح أن دلتا متناسبة عكسا مع E من أجل عينة مجرى عليها حمل. يتم تحضير عينة من الوقود بالأبعاد التالية ١٢x٠,٥٣x٠,٥ إنش على شكل مكعب مستطيل الشكل.



تشد إحدى الجهتين بملزمة بقوة ثم نجرى قوة متزايدة على الطرف الثاني مثلا بنابض مدرج و يتم تسجيل مدى ميلان العينة (دلتا) . هذا جدول يسجل نتائج اختبار عينة من نترات البوتاسيوم – السوربيتول



نلاحظ أن التمدد (دلتا) يكون في البداية متناسبا مع القوة المجراة ثم تزيد درجة التمدد بشكل أكبر ، بما أن $I = 1/12\ w\ h^3$ يمكن أن نقول أن معامل المرونة

$$E = \frac{1}{\Delta}\ \frac{4P}{w}\left(\frac{L}{h}\right)^3$$

يتم إجراء خط هنا لونه أحمر في الرسم ليمكننا من حساب معامل المرونة ، من هذا تم حساب E = 850 000 lb/in^2 (5.84 GPa). تشبه معامل مرونة الباكيليت ، بينما الـPlexiglass يساوي ٤٥٠,٠٠٠، النيلون ٢٦٠,٠٠٠، الألومنيوم ١٠,٠٠٠,٠٠٠.

مثال آخر على وقود آخر وجد أن عينة بالأبعاد التالية ٣٥,٨x١١,٧ملم ارتفاع في عرض و طول ٣٧٠ملم أعطى. E = 485,000 lb/in^2 (3.34 GPa). وقود نترات البوتاسيوم-EPOXY .

بعد الانتهاء من التجربة السابقة نجري على نفس العينة اختبارا لمعرفة معامل الانكسار Fb و يعرف بالـ F_b = M/S حيث أن M يمثل عزم الثني Bending moment و أن s هو معامل المقطع Modulus of section و يساوي

$S = w h^2/6$ من أجل عينة مستطيلة . تم إجراء ثلاث تجارب أعطت النتائج التالية لـ Fb ، ٨٣٩ ، ١١٠٢، و ١٠٧٢ رطل/إنش مربع . تم أخذ متوسطها و تساوي ١١٠٠رطل /الإنش المربع = ٧,٦نيوتن / ملم مربع .

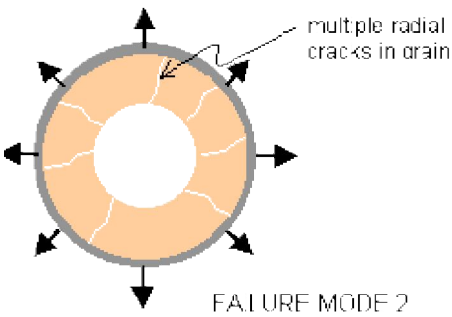
معامل المرونة يعرف كذلك E = □ / □ حيث أن □ هو الاجهاد وحدته قوة في وحدة مساحة و □ هو رمز الجهد (التغير في الطول / الطول الأصلي)

لكن ما فائدة معرفة هذه الخواص؟

الفائدة من معرفة الخواص الفيزيائية للوقود الصاروخي هي التأكد من صلاحيته للاحتراق الداخلي في المحرك الصاروخي. بمعنى أنه لوكان الوقود الصاروخي المراد استعماله لا يتحمل ضغط الحجرة الاحتراقية أي أنه ينشق ، فلا داعي من استعماله في المحرك الصاروخي . و الهدف من صب الوقود في المحرك وجعل الاحتراق من الداخل هو عدم الحاجة لحماية جدار حاوية المحرك ببطانة زائدة كما أن الفائدة الأخرى هي الحصول على احتراق يمكن التحكم فيه ومدة احتراق أطول للوقود.

لهذا توجب علينا الجواب على السؤال: هل ينفع وقود صاروخي ما أن يصب في المحرك الصاروخي مع احتراق داخلي؟ للجواب على هذا السؤال ، إما أننا نكتفي بضغط حجرة احتراقية منخفض أو ضغط مرتفع مع عدم التحكم في طول مدة الاحتراق.

كذلك للإجابة على هذا السؤال ينبغي إعادة ذكر خاصية معامل المرونة . معامل مرونة وقود ما إذا كان كبيرا يعني أن الخاصية المرنة للوقود صغيرة . و معامل مرونة وقود ما إذا كان صغيرا يعني أنه مرن و يتحمل الضغط بينما الأول فإنه يتشقق مع الضغط.



هذه بعض قيم معامل مرونة لأنواع معينة من الوقود الصاروخي :

Propellant Type	Elastic Modulus (psi)
PVC/AP/Al	250
Polysulfide/AP/Al	3000
PBAN/AP/Al	3300
HTPB/AP/Al	2000
Polyurethane/AP/Al	20 000
KN/Sorbitol	850 000
KN/Dextrose	TBD (similar)
KN/Sucrose	TBD (similar
KN/ Epoxy	485 000

لتجنب انشقاق الوقود بتلك الصورة ينبغي انتخاب سمك الحاوية بما فيه الكفاية حتى لا "تنتفخ" جراء الضغط فيزيد حجم الأنبوب فينشق الوقود لعدم تحمله (ابتعاد دعامة الأسطوانة عن شده). منه يجب معرفة سمك الانبوب اللازم ، مع الأخذ بعين الاعتبار محدوديات السمك بدلالة كتلة الأنبوب المخصص ، بمعنى اختيار الأنبوب الذي يتحمل الضغط الناجم عن الاحتراق بشكل رئيسي حتى لا ينفجر و نأخذ هامش سلامة بمقدار ١,٥ من ضغط الانفجار .

مثال: نفترض أننا نريد استعمال وقود نترات البوتاسيوم /سوربيتول ، في أنبوب قطره ٣ إنش. نتوقع أقصى ضغط ممكن هو ٨٠٠psi ، المطلوب معرفة سمك الجدار اللازم ليحدد مقاومة الشد للوقود إلى ٢٠% من مقاومة الشد القصوى . نستعمل في هذا المثال إما الفولاذ أو الألومينيوم.

من أجل الوقود المذكور سابقا فإن مقاومة الشد تساوي ٨٥٠٠٠٠ رطل / إنش مربع.

بينما مقاومة الشد دون أن يظهر عليه تغير هي ١٠٥٠ رطل /إنش مربع .لذى فإن الشد المسموح به هو ٠,٢٠(١٠٥٠)= ٢١٠ رطل /إنش مربع.

بالنسبة لحاوية الفولاذ :

معامل مقاومة الشد له تساوي =٢٩٠٠٠٠٠٠ رطل /إنش مربع. يرمز σ للجهد الحلقي منه فإن أكبر جهد حلقي مسموح هو :

$$\sigma_c = \sigma_g \frac{E_c}{E_g} = 210\left(\frac{29\,000\,000}{850000}\right) = 7165 \text{ lb/in}^2$$

و لذلك فإن سمك الجدار اللازم هو t

$$t = \frac{P\,D}{2\,\sigma_c} = \frac{800\,(3.0)}{2\,(7165)} = 0.167 \text{ in}$$

هذا يعني وجوب استعمال أسطوانة فولاذية سمك جدارها ٠,١٦٧إنش أي ٤,٢٤ملم لكي يحتوي الجدار هذا الوقود فلا ينشق . هذا سمك غير ممكن استعماله من ناحية أخرى لأن طول الإنش من هذا الأنبوب وزنه ٠,٤٧ رطل يعني حوالي ٨ كغ للمتر الواحد . هذا يعني أنه لا يمكن استعمال هذا الوقود في احتراق داخلي و تحكم في الاحتراق(لا يمكن استعماله في هذا النوع الضعيف من الوقود).

بالنسبة لحاوية من الألومينيوم : فإن معامل مقاومة الشد لديه تساوي ١٠٠٠٠٠٠٠رطل /إنش مربع ، رمز الجهد الحلقي هو σ ، منه أكبر جهد حلقي (قطري) مسموح به هو :

$$\sigma_c = \sigma_g \frac{E_c}{E_g} = 210\left(\frac{10\,000\,000}{850000}\right) = 2470 \text{ lb/in}^2$$

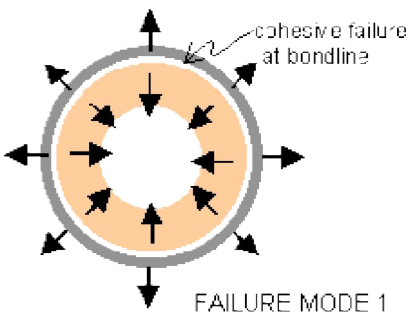
و لذلك فإن سمك الجدار اللازم هو t

$$t = \frac{P\,D}{2\,\sigma_c} = \frac{800\,(3.0)}{2\,(2470)} = 0.486 \text{ in}$$

يعتبر كذلك سمك هذا الأنبوب كبيرا بحيث يصبح وزن الإنش من هذا الأنبوب (٣ إنش) حوالي ٠,٣٨رطل .

كما ينبغي التنويه على أن الوقود في حد ذاته يحمي أسطوانة الفولاذ أو الألومينيوم من الضغط أي بالحاصل يمكن أن يكون السمك المطلوب نوعا ما أقل .

توجد ظواهر ينبغي التنبه إليها وهي الانكماش الحاصل في بعض أنواع الوقود الصاروخي حيث يمكن أن تتكمش طولا أو عرضا أو الاثنين.



لتجنب الانكماش العرضي ينبغي صب الوقود في حاوية قطرها الداخلي أكبر من القطر الداخلي للمحرك بحيث إذا انكمش الوقود يمكننا إدخال الوقود المتصلب و لصقه مع الحاوية بطلي هذه الأخيرة بمواد لاصقة (بطانة) . أما إذا حصل تمدد طولا فيمكن صب وقود أطول من المطلوب و قصه إلى الطول المرغوب سواء ما زال في المحرك أو قبل إدخاله فيه . تعتمد دقة الحسابات في ذلك مع التجريب .

ملاحظات :

- هذا جدول يبين بعض الخواص الفيزيائية لمختلف أنواع الوقود الصاروخي:

Table III.—Typical Uniaxial Mechanical Properties of Some Operational Propellants (adapted from ref. 8)

Type	σ_m/ϵ_m (1) at—		
	Low temp. (°F)	Room temp. (°F)	High temp. (°F)
AP/FC/Al (extruded)	....	700/8 (77°)	....
AP/NC-NG/Al	2750/4.5 (−60°)	390/48 (77°)	140/44.9 (120°)
AP/NC-TEGDN/Al	900/6 (−60°) 658/14.4 (−60°)	98/16 (70°) 67.6/16.6 (77°)	63/18 (160°) 48.8/17 (160°)
AP/PBAA/Al	500/13 (−50°)	77/33 (77°)	41/31 (150°)
AP/PBAN/Al	....	98/29 (77°)	....
AP/CTPB/Al	324/26 (−50°) 700/43 (−70°)	129/57 (77°) 170/43 (77°)	94/75 (130°) 120/41 (170°)
AP/CTPB/Be	700/30 (−70°)	170/30 (77°)	125/30 (170°)
AP/PS	580/11 (−50°)	170/85 (77°)	120/70 (150°)
AP/PS/Al	300/14 (−50°)	120/33 (77°)	99/42 (150°)
AP/PU/Al	1168/5.4 (−60°) 467/30 (−60°)	98/41 (77°) 95/67 (77°)	70/33 (180°) 45/31 (180°)
AP/PU/Be	....	66/68 (77°)	....
AP/PVC	....	77/175 (77°)	....
AP-HMX/NC-TMETN-TEGDN	910/2 (−60°)	78/9 (70°)	36/9 (160°)
AP-HMX/NC-NG/Al	2375/2.7 (−60°)	170/50 (77°)	61.6/33.0 (120°)
NC/NG	4600/1.5 (−60°)	1890/40 (77°)	475/60 (160°)

(1) Crosshead rate, 2 in./min.

-يمكننا اختبار تدهور وقود ما وحساسيته لدرجة الحرارة باختبار عينة ووضعها في درجة حرارة نوعا ما عالية لعدة أيام (لتسريع تدهور ممكن للوقود حالة تخزينه) . على الأقل للمقارنة مع وقود صاروخي قياسي . أما لاختبار تبخر مواد معينة من وقود ما ، نجري اختبارا على عينة بشفط الهواء على ١جزء من مليون ملم زئبقي لمدة مابين الشهر إلى ٦ أشهر و مقارنة كتلة العينة قبل الاختبار و بعده .

- تصل درجة حرارة الوقود الصاروخي النافع إلى ٤٠٠٠ F (٢٤٧٧ K) أما الوقود الذي يحتوي على كمية معتبرة من الألومينيوم فينبغي أن تصل درجة حرارة احتراقه إلى ٥٠٠٠F (3033 K =٢٧٦٠ C م) لتساعد في احتراق الألومينيوم.

- يجب أن يحتوي الوقود الصاروخي على سرعة احتراق كافية للحصول على القيمة اللازمة لتفريغ الكتلة Mass discharge (رطل/ثانية) W .

هذا جدول الخواص الميكانيكية لبعض أنواع الوقود الصاروخي :

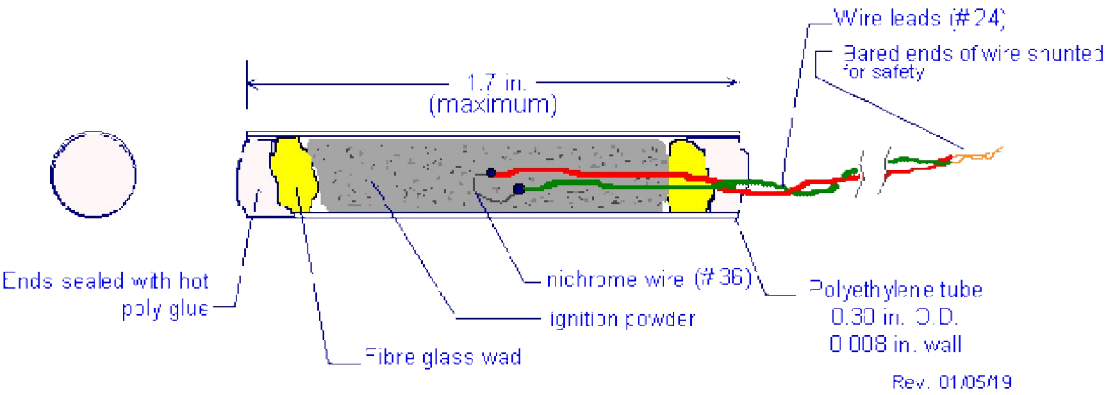
TABLE 7-12. SELECTED THERMAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF TYPICAL PROPELLANTS

Property	Typical Range
Mass density	$1.716—1.772\times10^3$ kg/m^3
Linear coefficient of expansion	$2.22—5.58\times10^{-5}$ m/m·K
Volumetric shrinkage during cure	0.002—0.006 m^3/m^3
Thermal conductivity	15.32—18.16 W/m·K
Specific heat	1.046—1.340 kJ/kg·K

نظام الاشعال

Igniter System

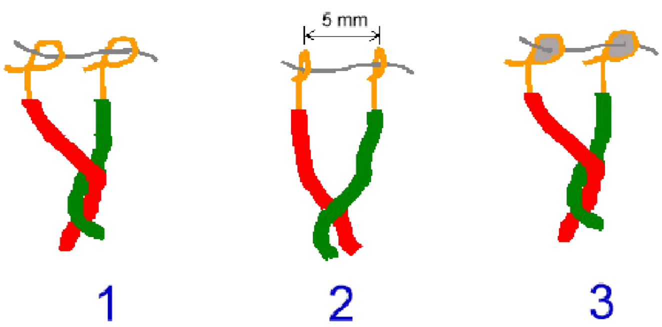
أنواع أنظمة الاشعال



النوع الأول :

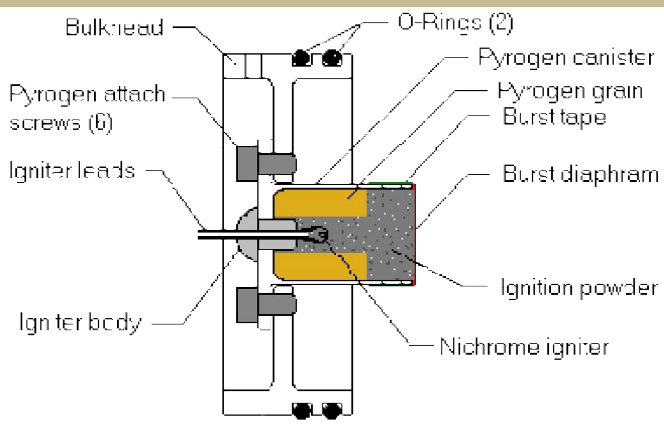
يتكون من سلك مقاوم لمرور التيار من Nickel-chromium يباع بسعر ٠,٢دولار للقدم . يمكن استعمال أسلاك الصلب الرقيقة جدا (سلك غسيل الأواني) سلكان أو ثلاث أو استعمال سلك النحاس في السماعات .

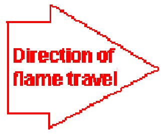
البعد بين القطبين يكون في حدود ٥ملم مع لحامهما.



يمكن استعمال البارود الأسود لكن دون إضافة الكبريت حيث نجعل ٨٠% نترات البوتاسيوم و ٢٠% كربون أسود مطحون جيدا في مطحنة التوابل الكهربائية لمدة ٣ دقائق لكل ١٠٠غ نفعل نفس الشئ بالنسبة لنترات البوتاسيوم . بعد الخلط نصبه في إناء بلاستيكي و يضاف إليه الماء لجعل الخليط كالعجينة ، نبسطه كالورقة فوق كيس بلاستيك و يترك ليجف. نستعمل مدق لدق الخليط و جعله على شكل مسحوق ثانية ثم تمريره على غربال لجعل الجزيئات كلها بنفس الحجم.

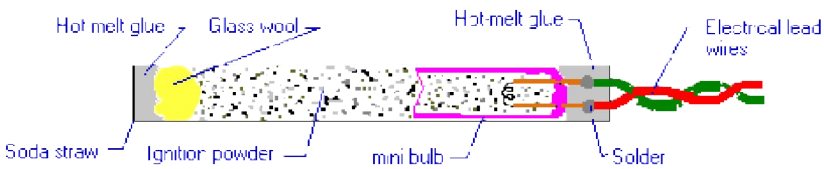
النوع الثاني :





تسمى بالـ Pyrogen ignition حيث يتبين أن مواد الـ Pyrogen عبارة أصلا عن نترات الرصاص و سكر و تساعد هذه المواد و تقوي اشتعال البارود الأسود . تستعمل هذه الطريقة لإشعال الصواريخ الكبيرة.

النوع الثالث :



حيث يتم استعمال اللمبات الصغيرة كما هو مبين في الشكل . نقص الزجاج من تحت بمنشار أو حجر نار . تقاس على سلكي اللمبة بمقياس أوم متر بعد كل عملية للتأكد من التوصيل . نملأه بالبارود الأسود . يكفي تيار ٩ فولت لإشعالها.

النوع الرابع :

تستعمل هذه الطريقة من أجل إشعال الوقود بطاقة صغيرة ، كأن يستعمل في المناطق الباردة . حيث تحتاج فقط إلى ١,٥فولت و ٢٥ ملي أمبير. عندما تقاس مقاومته فغالبا ما تعطي ٢٠-٣٠أوم ، نخرم الزجاج بمبرد مثلا نستعمل عدسة مكبرة . نتأكد ثانية من المقاومة. نملأها بالبارود الأسود ، عند الاشتعال تنفجر اللمبة فينتشر البارود المشتعل أمامها فتتم عملية الاشتعال عن بعد نوعا ما.

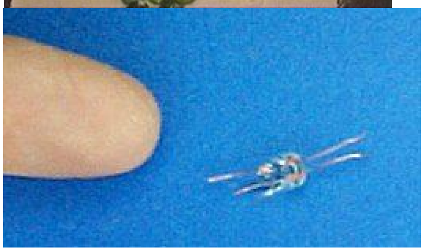
النوع الخامس :

كل الطرق التي ذكرت سابقا تستعمل للوقود نترات البوتاسيوم / سكر . ولأن أنواعا أخرى من الوقود الصاروخي تحتاج إلى درجة حرارة أعلى للاشتعال ينبغي استعمال طرق أقوى. و مؤكسد أقوى. ينفس الطريقة الأولى مع استعمال مواد إشعال أخرى . نضع حوالي ١ غ من الراتنج العالي الجودة Epoxy resin(لا نستعمل الذي يتصلب في ٤ دقائق) نضيف الكبريت المسحوق جيدا قليلا فقط لتغيير اللون ثم نضيف بيركلورات البوتاسيوم (يصنع من بيركلورات الصوديوم انظر الملف المخصص) لجعل الكل على شكل عجينة ، نغطي سلك المقاومة بها و نثني على الكل كيسا شفافا من البولي أثلين بهذا الشكل.

النوع السادس:

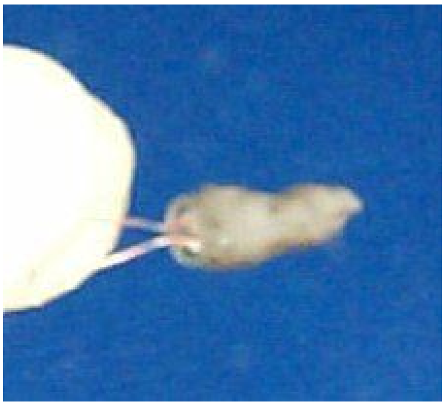
أفضل طريقة من الطرق الستة . حيث نستعمل الطرق السابقة مع وقود لا يحتاج إلى طاقة حرارية كبيرة.

بينما هذا الوقود يتكون من ٦٥% بيركلورات البوتاسيوم مرحي جيدا بحجم ٨٠ميكرون، ٢٠% كربون أسود ، ١٠% بودرة الألومينيوم ٤٠ميكرون ، ٥% أكسيد الحديد . الخلط الجيد لمدة١-٢ ساعة في محرك دوار به كرات زجاجية.



نضيف إلى هذه الخلطة لصقة من النوع **neoprene contact cement** بنسبة ٢:١ وزنا ليعطي لنا قوام معجون الأسنان. نكسر اللمبة مع التأكد من سلامة السلك بالأوم متر.

نطلي سلك المقاومة بالخلطة سابقة الذكر و نتركها تجف لتعطي لنا :



ينبغي أن تكون المقاومة مابين ٣-٥ أوم .

النوع السابع :

استعمال استفنات الرصاص للإشعال وذلك بإضافة الماء إلى ١٠غ استفنات الرصاص مع التحريك في آنية مطاطية (الكهرباء الساكنة خطرة) ليعطي لنا خليطا كالحليب ثم يترك ليترسب في القاع ثم نسحب الماء منه ، نضيف كحول الإيثانول ٢٥سم٣ مع التحريك ثم نسحبه ونترك الراسب في ٣٥درجة مئوية لمدة ١٢سا حتى يجف تماما . نضع لكل ١٠٠غ استفنات الرصاص ٢غ من النتروسليلوز و ذلك بإذابة النتروسليلوز في ٥% من وزنه ببوتيل أسيتات أو بأتيل أسيتات نخلطه جيدا و نضيفه إلى استفنات الرصاص الجاف مع الخلط الجيد و طليه على سلك المقاومة ليعطي بعد جفافه مادة شديدة الاشتعال تضاف إليها المواد المذكورة في النوع السادس . هذا النوع يستعمل للحصول على استجابة سريعة جدا تقدر بميكروثانية.

النوع الثامن :

نفس النوع السادس أو حتى السابع إلا أننا نغير التركيبة وهي عبارة عن خليط من النتروسليلوز ٤٠جزء و ٤٤جزء نترات البوتاسيوم و ٦,٥ جزء الكبريت و ٩,٥ جزء كربون و ٠,٥ Ethyl centralite أو Diphenylamine كمثبت . تسمى هذه الخلطة بالـBENITE و تستعمل لإشعال وقود الـ RPG .

النوع التاسع :

خلطة نظامية تتكون من ٧١% بيركلورات البوتاسيوم جزيئاتها من ٦-١٧ ميكرون +٢٤ % بور (أو الزيركونيوم) جزيئاتها دقيقة ١٠ميكرون +٥% روابط ليعطي صاعقا اشتعاليا قويا .

علاقة الحجرة الاحتراقية و الضغط المولد بالصاعق الاشتعالي:

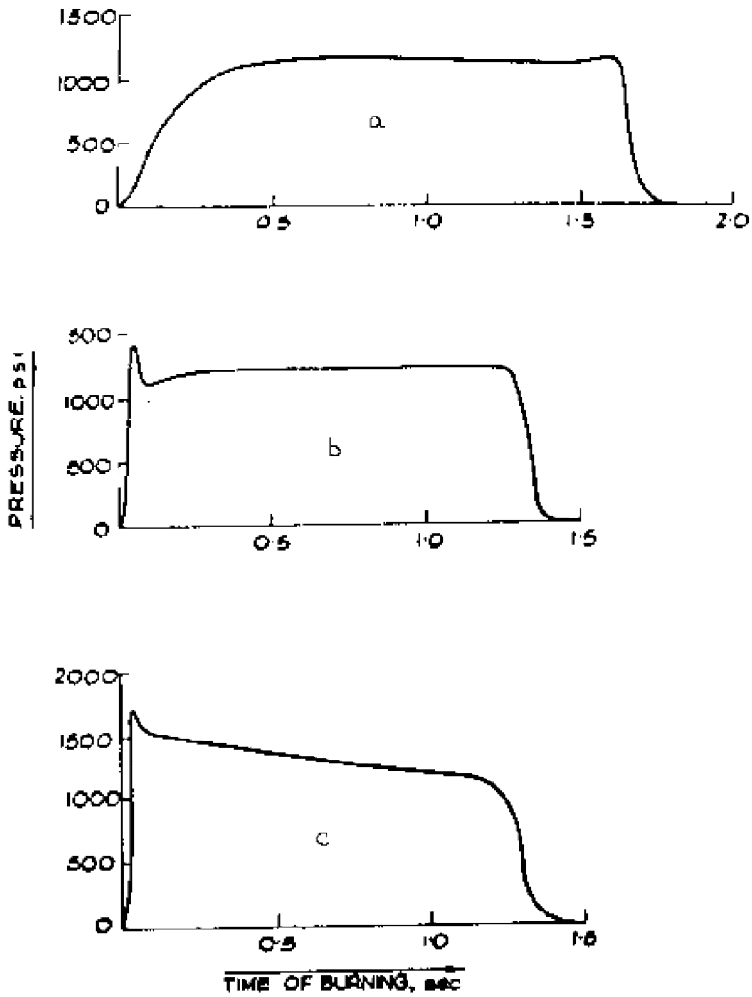


Figure 2 -- Effect of igniter size on motor pressure-time trace and burn time.

a) 3 gram igniter

b) 7 gram igniter

c) 15 gram igniter

نلاحظ كيف أن الكمية القليلة تقلل في سرعة الاشتعال كما أن الكمية الكثيرة تزيد في احتمال انفجار المحرك . يوفر لنا الصاعق الاشتعالي وظيفتين :

- توليد تيار من الغازات الساخنة و الجزيئات التي تشعل الوقود الصاروخي بسرعة و يساعد هذا الدفق في اتجاه النازل بتسهيل الإشعال.

- يرفع ضغط الحجرة الاحتراقية إلى ضغط معين بحيث تكون سرعة الاشتعال فيه كافية للحفاظ على الضغط.

-

يحسب الضغط الذي يولده الصاعق الاشتعالي كالتالي :

$$P = \lambda \Delta \frac{\rho}{\rho - \Delta} G + Pa$$

حيث أن P هو الضغط المولد في الحجرة الاحتراقية جراء فعل الصاعق .

Δ وهو c/v أي كثافة الحشوة Load density تحسب بالرطل لكل إنش٣

ρ هو رمز كثافة مواد الشحنة الاشتعالية بالرطل / إنش٣.

C يعني الكتلة الأساسية للشحنة بالرطل.

V الحجم الفارغ في الحجرة الاحتراقية عند الزمن المعين بالإنش ٣ .

λ رمز يساوي RT/M وهي Effective force (الطاقة الحقيقية) تحسب بال $in-lb_f / lb_m$.

R ثابت الغازات العالمي

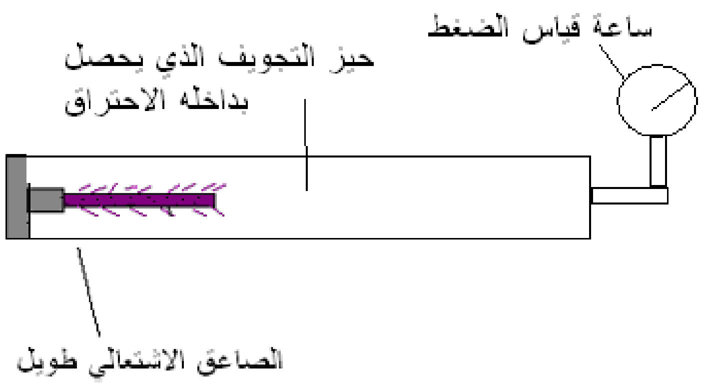
M الوزن الجزيئي لنواتج الاحتراق

T درجة حرارة الشعلة بالـ R

G نسبة الوقود المستهلك بدلالة الزمن

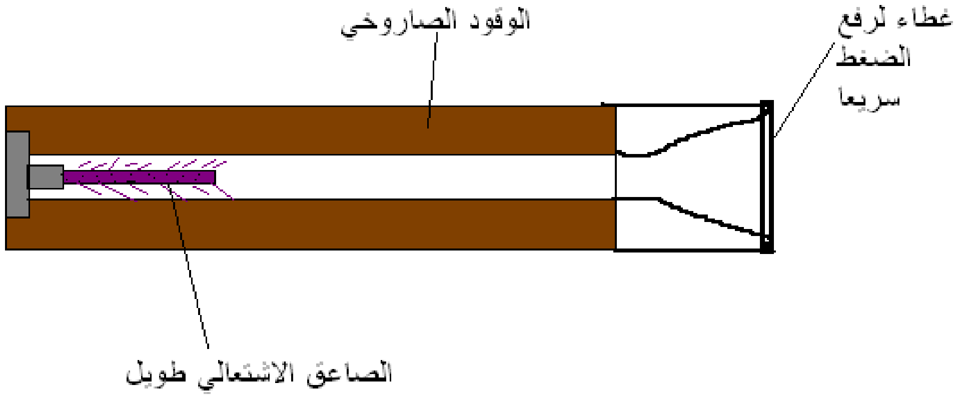
Pa الضغط الجوي

تجريبيا يتم وضع كمية من الصاعق الاشتعالي و سد أنبوبة المخرج بغطاء بلاستيكي ليرفع الضغط بشكل أسرع ، نجري تجارب مع قياس الضغط للحصول على قيم مابين ٢٠- ٣٠بار دون وجود الوقود الصاروخي لكن مع ملء فراغ الوقود بمادة خاملة مثلا حديد (أو أن نجري التجربة على حاوية حجمها يساوي حجم التجويف الذي يحصل فيه الاحتراق مع وضع ساعة قياس الضغط).



يمكننا معرفة كمية الوقود الاشتعالي اللازم في الصاعق بهذه التجربة.

ينبغي تطويل الصاعق الاشتعالي في الصواريخ الطويلة و تركيبه في الجهة المقابلة للنازل .



–تحسب كمية الوقود الاشتعالي النظامي كالتالي:

$$m= 0.5\ (V_F)^{0.7}$$

m= وزن الصاعق

VF = حجم الاحتراق بإنش٣

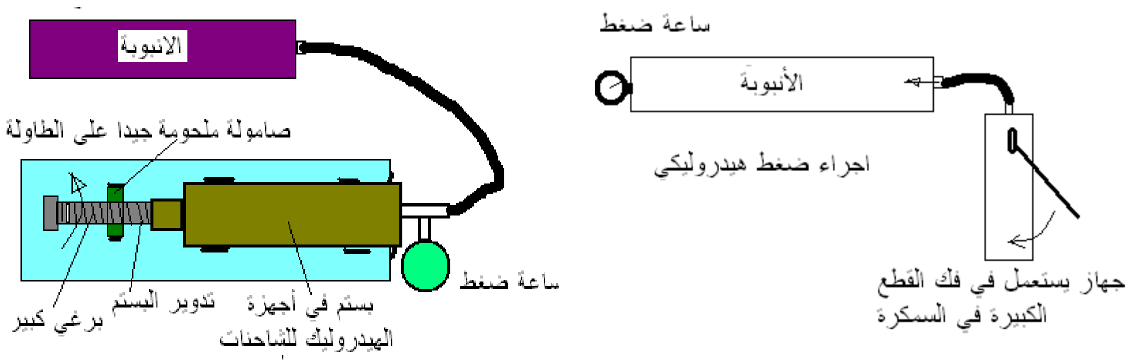
الجانب الميكانيكي للصاروخ

الجانب الميكانيكي

سمك جدار الحاوية

تصنيع المحرك الصاروخي

مقدمة : يحتوي المحرك الصاروخي عموما على الحجرة الاحتراقية و النازل. الحجرة الاحتراقية في الأساس هي حاوية أسطوانية الشكل من معدن الفولاذ أو الألومينيوم و تحوي الوقود الصاروخي بداخلها و التي يجب أن تتحمل الضغط العالي ودرجة حرارة نواتج الاحتراق. ينبغي معرفة سمك الأنبوب اللازم استعماله كحاوية للوقود الصاروخي دون زيادة في السمك للتقليل من كتلة المحرك وبالتالي كتلة الصاروخ و رفع كفاءة النظام. يمكن معرفة ذلك أولا بأن نختار أقصى ضغط للحجرة الاحتراقية من إجراء تجارب على الأنابيب المتوفرة في السوق بمعرفة الضغط الذي تتفجر فيه الحاوية مثلا ١٨٠بار بإجراء اختبار Burst test (أنظر الصورة) مع إنقاص في سمك الأنبوبة إذا زادت القيمة عن ١٨٠بار المطلوبة بخراطة خارجية للأنبوبة.



و أن نأخذ هامشا للأمان بـ ١,٥ Safety factor فيصبح أقصى ضغط للحجرة الاحتراقية المسموح به هو ١٢٠بار. ثم نتأكد من التجارب السابقة بإجراء اختبار Proof test بتسخين الحاوية على ٦٠م و إجراء ضغط ١٢٠بار عليها لمدة بحيث لا تنقص قوة الأنبوبة . أو أن نعمل بالعكس كأن تكون أنابيب عديدة متوفرة في السوق . فنقوم بحساب السمك اللازم كالتالي:

$$Q = \frac{z\sigma_v}{pS_f}$$

$$t_{nom} = t_{\min} + 0.1 t_{nom} \Leftrightarrow$$

$$t_{nom} = 1.11\ t_{\min}$$

المثال التالي يبين سمك الحاوية المطلوبة لإجراء ضغط ١٣٠بار : في حال كون قطر الأنبوبة ١٠٠ملم وأن النوع DIN 35.8/III و التي قوة إخضاعها للاجهاد يساوي :

□v = 35kp/mm2 * 0.8 □□275 Mpa

نأخذ هامش أمان Sf يساوي ١,٥، كذلك معامل القوة z يساوي ٠,٩ منه نتحصل من المعادلات السابقة على:

tmin = 0.03528D, and

tnom = 0.03916D = 3.916mm □□4.0mm . أي سمك ٤ ملم

أو إجراء طريقة أخرى أكثر دقة و هي استعمال برنامج يحل هذه العلاقة مع إدخال بيانات نوع المعدن المستعمل في الأنبوب كالتالي :

Design and Burst Pressures for Rocket Motor Casing

[Input data in blue text, English or (SI) units]

Casing Dimensions and Design Factors

Do =	**1.9**	in. (mm)	Diameter, outside
t =	**0.145**	in. (mm)	wall thickness
S_D =	**1.5**		Design Safety factor

Material Properties

Fty =	**6**	ksi (MPa)	Yield Strength
Ftu =	**7.45**	ksi (MPa)	Ultimate Strength
E =	**0.42**	Msi (MPa)	Modulus of Elasticity
ν =	**0.41**		Poisson Ratio
β =	0.805		Fty/Ftu
B =	1.371		Burst factor

Design and Burst Pressures

P_D =	**611**	psi (kPa)	**Design pressure**
P_U =	**1255**	psi (kPa)	**Burst pressure**

حيث أن المثال المعروض في البرنامج يمثل بيانات أنبوب من الـ PVC . كذلك فإن مصدرا آخر يقول أن ضغط الحجرة الاحتراقية المطلوبة لأنبوب ما يمكن حسابه كالتالي:

Min. Wall Thickness = [(MEOP) * (Chamber Diameter)] / [2 * (Ultimate Tensile Strength)]

Where MEOP = Maximum Expected Operating Pressure

The Ultimate Tensile Strength for PVC = 5,000 psi (344.73 bar).

Moving the equation around.

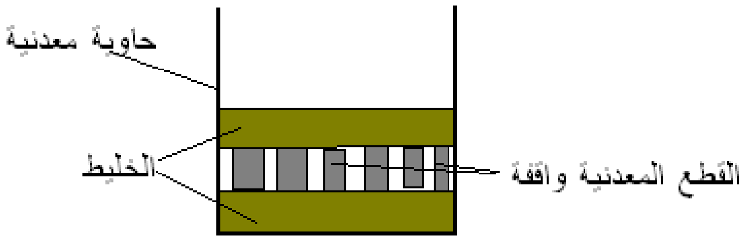
MEOP =[Min. Wall Thickness * 2(5,000)] / Chamber Diameter

MEOP = [0.145 * 10,000] / 1.592 = 910.80 psi = 62.79 bar

حيث أنه يقدر ضغط حجرة احتراقية متقاربا مع المثال السابق لكن بشكل أقل دقة. يمكننا استعمال هذه الطريقة عند معرفة خواص المعدن المستعمل في الأنبوب المختار أو نتحصل على السمك اللازم تجريبيا كما ذكر في بداية الملف.

تصليب أنابيب المياه أو أنابيب الحديد غير الصلب:

تستعمل طريقة تسخين الحديد إلى الاحمرار ثم إدخاله في الماء مباشرة منذ زمن بعيد في تصليب الحديد و جعله فولاذا ، إلا أن هذه الطريقة تعتمد على توزيع الحرارة بشكل متساوي على القطعة المعدنية حيث يستعمل خليط متكون من ١٠أجزاء كربونات البوتاسيوم أو كربونات الصوديوم و ١جزء من بودرة فحم حجري و تستعمل كالتالي:



توضع الحاوية في فرن ساخن المستعمل في تذويب الألومينيوم مثلا ويعمل بزيت السيارات المحترق. نترك القطع إلى أن تحمر فيمتص المعدن الكربون الذي يصلب القطعة. مدى امتصاص القطعة للكربون يحدد مدى تصلبها لكن إذا امتصت كثيرا قد تتصلب كثيرا إلى أن تصبح قابلة للانكسار بسهولة . لهذا ينبغي التجريب لمعرفة الزمن اللازم لذلك. قد نحتاج إلى ٢,٥ساعة.

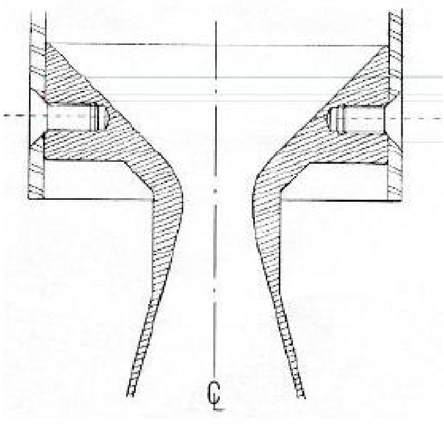
توجد خلطة أخرى تعتمد على المركب الذي يرمز له بـ C3 مكتوب على الحاوية Sel de traitement thermique a base de cyanure de sodium بالإضافة إلى نترات الصوديوم يرمز له C5 أتوقع أن النسب متشابهة مع الخلطة السابقة .

في مصادر أخرى وجد أن الإجراء المتبع لتصليب الفولاذ الذي يحتوي على كربون بنسب بسيطة ٠,٣% هو تسخينه لمدة ما بين ٣-٦ساعات في درجة حرارة مابين ٤٨٠-٤٩٥م بالنسبة للفولاذ

المطاوع المخصص للعمل المخرطي مباشرة أي يحتوي على ١٨% نيكل و Molybdenium ثم يترك ليبرد على حاله إلى درجة حرارة الغرفة. أما بالنسبة للفولاذ العادي الذي يحتوي على كربون فلا يمكن العمل عليه بهذه الطريقة و إنما يوضع في وسط خامل مثل ملح ساخن جدا يحتوي على كمية متساوية من نترات البوتاسيوم و نترات الصوديوم بالاضافة إلى المادة المصلبة و هي ملح من أملاح النيكل و غيره (؟) . و يكون ذلك لحمايته من الجو و يترك في هذا الملح بالمدة اللازمة مع التجريب كل مرة لمعرفة متى يصل للقوة المطلوبة ثم يسحب و يترك ليبرد في الجو أو يغطس في حوض فيه زيت درجة حرارته مساوية لـ ٢١م . يجب تصليب المعدن فقط بعد الانتهاء من أي عمل عليه . سعر البودرة المخصصة حوالي ٣٥ دولار /كغ.

تثبيت النازل مع الحاوية

غالبا ما نستعمل براغي لتثبيت النازل مع الحاوية بهذا الشكل



حيث يكون المطلوب معرفة عدد البراغي اللازمة و أين توضع و ماماتنتها ؟

نحاول الإجابة على تلك التساؤلات بمحاولة فهم سبب انفكاك النازل من الأنبوبة ؟ و كم تتحمل من ضغط ؟

$$P = \frac{\text{Cross} - \text{section Area of Vessel}}{\text{Number of bolts in a row}} \cdot P_{\max} \cdot S_f$$

تبين لنا المعادلة السابقة الضغط الذي تتحمله البراغي و عددها بالمقارنة مع الضغط الأقصى المنتظر من المحرك الصاروخي . Sf هو هامش الأمان و يساوي ١,٥ عندنا، بالإضافة إلى Pmax هو الضغط الأقصى المتوقع . عدد البراغي و مساحة المقطع العرضي للحاوية. يمكن إعادة صياغة المعادلة السابقة كالتالي :

١---

$$P = \frac{\pi D^2 P_{\max}}{4m} \cdot S_f$$

لدينا كذلك :

$$P_f = a\sigma_y(b-d)t_{\min}$$

٢------------------------

$$a = 1 - 0.9 + 3r\tfrac{d}{b} \quad \text{for} \quad \tfrac{d}{b} < 0.3$$

$$a = 1 \quad \text{for} \quad \tfrac{d}{b} \geq 0.3$$

٣-----------

$$P_f = 0.32\sigma_b d_b^2$$

المتغيرات هي m وهي عدد البراغي ، db قطر عمود البرغي ، σ_b وهو قوة شد مواد البرغي . لو أخذنا بعين الاعتبار النظام المتري فإن الاحتمالات التالية واردة :

m = 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16.....
d_b= M4, M5, M6, M8, M10,MI2......
σ_b = (6.8), (8.8), (10.9), (12.9)... No other.

حيث أن الجودة ١٠,٩ تعني

σ_b = 100kp/mm² * 0.9 ≈ 880 Mpa by standard DIN-convension.

حيث يمكن موازنة المعادلة ٢ ، ٣ لتساوي قوة المعادلة ١

فإذا استعملنا براغي برأس ٤٥درجة فإن الفاصل بين البراغي يمكن حسابه من المعادلة ٤:

$$c = \frac{P_f\sqrt{3}}{2t\sigma_v}$$

مثال :

تم استعمال أنبوبة قطرها ٧٠ملم و سمكها ٢,٥ملم +– ٠,٢٥ ملم من فولاذ النوع

والذي يعطينا قوة شد DIN St–35.7

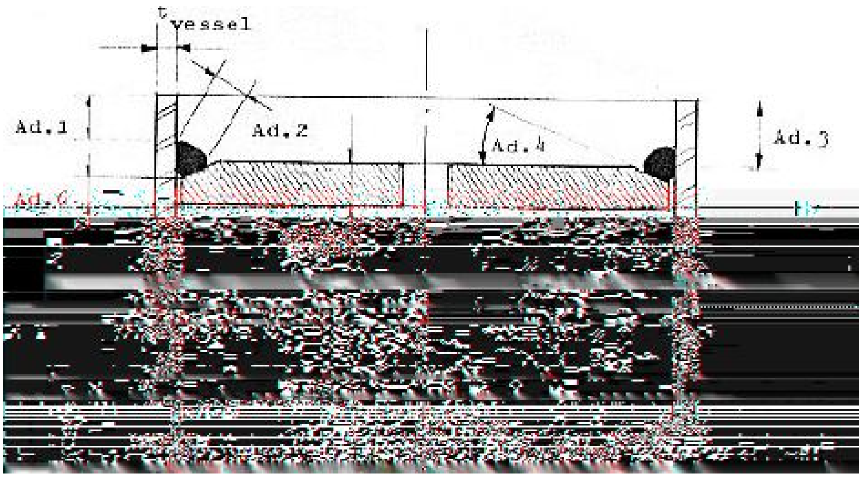
v = 35kp/mm2 *0.7 240Mpa

بعد بضعة حسابات و تغيير في m ، حجم و نوعية البراغي يمكن الحصول على التوافقيات التالية :

أي ستة براغي m=6 ، db يساوي M6 رأس مخروطي يعني تصبح dأكبر.

مما يعني جودة ١٢,٩ .b 1060Mpa

عند الرغبة في معرفة Pf بالمعادلة ٢ و المعادلة ٣ مع المقارنة مع P المتحصل عليها من المعادلة ١ نتحصل على أفضل هامش أمان وهو حوالي ١,٥ مع المعادلة ٣ حيث تساوي



12200 N =Pf

P = 8350 N. &

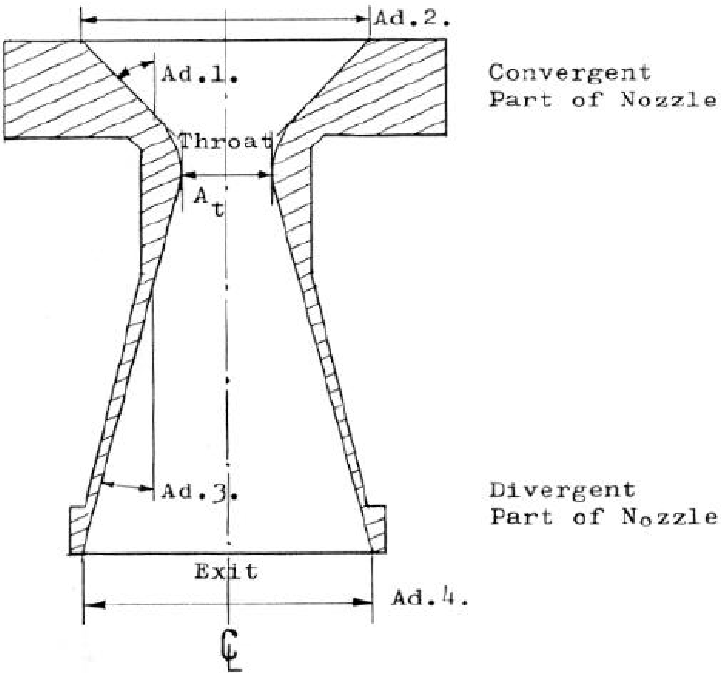
Sf = Pf (18) = 12200 N.

$$S_f = \frac{12200}{8350} \approx 1.46$$

وهو المطلوب .

بينما يتم اغلاق الجهة الثانية من الحاوية باللحام أو بمسامير بنفس الشكل.

تصنيع النازل



وظيفة النازل هي تسريع الغازات المنبعثة من حجرة الاحتراق.

نرى في هذا الشكل نازلا بسيطا ، ما يسمى بنازل delavale يحتوي على ثلاثة أقسام ،نبدأ من الداخل:

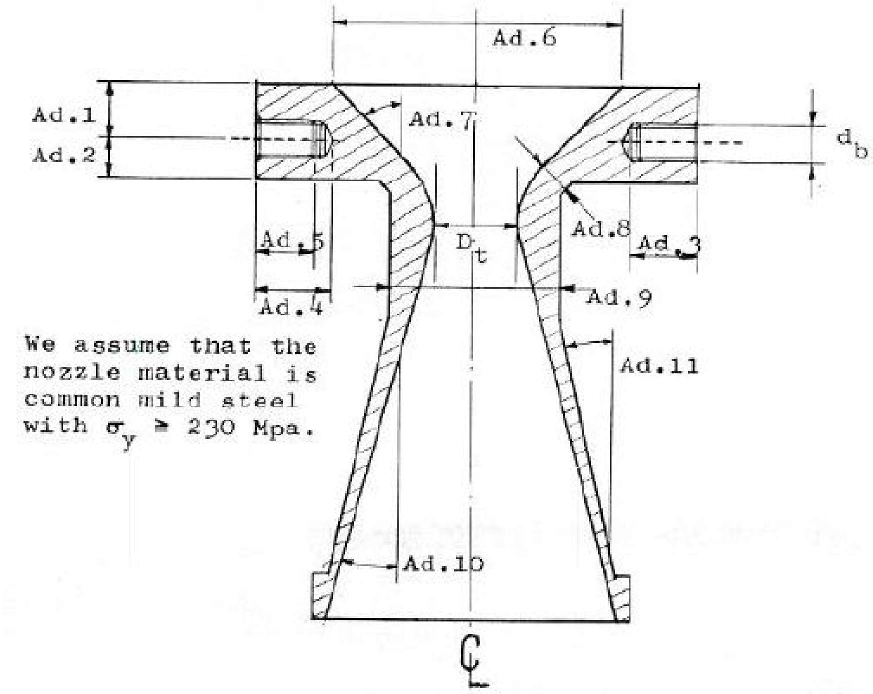
القسم المتناقص : Convergent part غالبا ما تتراوح زاوية التناقص مابين ٣٠ إلى ٤٥ درجة ، في حالة كون الزاوية أكبر من ٤٥ درجة فإن خروج الغازات يولد زوبعة Turbulence ينتج تسارعا ضعيفا للغازات و ممكن أن يؤدي إلى موجات انفجارية داخل الحجرة الاحتراقية . أما زاوية أقل من ٣٠درجة يعني زيادة في وزن النازل و ضياع في الطاقة .

القسم المتعلق بالمضيق Throat : غالبا ما تساوي نسبة مساحة المقطع العرضي للقسم المتناقص A0 على مساحة المقطع العرضي للمضيق At قيمة تكون مابين ٤ و ٩ فإذا كانت A0/At أصغر من ٤ ، تعطي شروطا ديناميكية حرارية غير معقولة. أما لو كانت تلك النسبة أكبر من ٩ يعني ضياعا في الوزن .

القسم المتزايد المنفرج Divergent : تكون الزاوية مابين ١٠ و ١٥ درجة لأنه في حالة كونها أكبر من ١٥ درجة يعني ضياعا في الطاقة ، أما أقل من ١٠ درجات يعني كذلك ضياعا في الطاقة بسبب زيادة الاحتكاك و تبادل الطاقة ووزن كبير للنازل (نازل طويل).

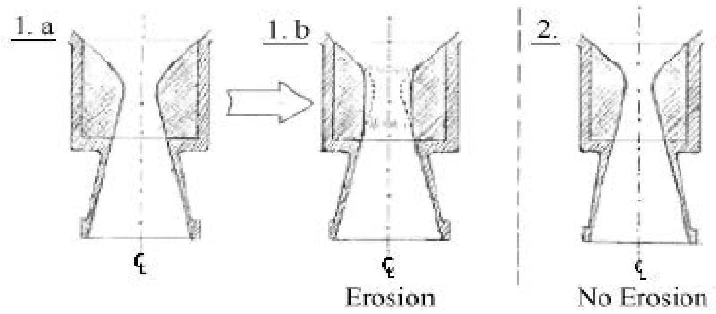
نسبة مساحة المقطع العرضي للمضيق على مساحة المقطع العرضي لنهاية النازل:

غالبا ما تكون هذه النسبة أكبر من ٨ و أصغر من ١٢



هذا أفضل شكل تمثيلي للتقليل من الوزن الزائد للنازل. تمثل Ad.1 البعد مابين المسمار اللولبي و الحافة الداخلية للنازل ، ينبغي أن تكون أكبر أو تساوي 1.5db أي مرة و نصف الثقب الذي يدخل فيه المسمار. أما Ad.2 فيمثل البعد مابين مركز المسمار إلى الحافة الأخيرة للقسم الاسطواني للنازل و ينبغي أن تساوي أو تكون أكبر من 1.0db . ينبغي أن يزيد أو يساوي عمق الثقب بـ 1.75db . أما Ad.4 تعني أن المخرمة يجب أن تدخل قليلا أكثر من المسمار أي أكبر أو يساوي 2.0db طبعا دون أن تدخل في القسم الداخلي للنازل. تمثل Ad.5 أقل عمق تدخل إليه المسامير اللولبية أي أكبر أو يساوي 1.5db . يساوي القسم الأولي المتقارب مابين مرتين قطر المضيق إلى ثلاث مرات . تكون زاوية الاقتراب أقصاها ٤٥ درجة. Ad.8 تمثل سمك المنطقة المتقاربة و تكون أكبر أو تساوي ٠,٣ من قطر المضيق أو أكبر أو تساوي مرتين سمك الحجرة الاحتراقية . Ad.9 هو القسم الاسطواني في المضيق من الخارج ، سماكته ينبغي أن تزيد أو تساوي ١,٨ من قطر المضيق. Ad.10 هي زاوية المنطقة المتزايدة ، ينبغي أن تكون أقصاها تساوي ١٥ درجة من الداخل . Ad.11 زاوية المنطقة المتزايدة ينبغي أن تكون من الخارج مابين ١٣-١٤درجة لأن السمك يتناقص .

مضيق النازل



إذا زاد قطر المضيق عن ٥% بعد الاشعال في تجربة خاصة للمحرك ، فإن نوع مادة المضيق لهذا الوقود و المحرك غير مناسبة . لتجنب ظاهرة تآكل المضيق بسبب ارتفاع درجة حرارة الشعلة أو زمن الاحتراق الطويل إما أن نتركه على حاله فنفقد في الطاقة (في حالة كون التآكل نوعا ما أكبر من ٥%أو توجد صعوبة في تصنيع مضيق مناسب فنكتفي بمحرك نوعا ما ضعيف يستعمل في مدى قصير) أو نصنع المضيق في حد ذاته من مواد تتحمل درجات حرارة كبيرة قد تصل إلى ٢٥٠٠م . من بين هذه المواد المقترحة : , Ceramic, Graphite Tantalum, Tungsten, Molybdenum يبقى الكثير من هذه الأنواع غير متوفرة لنا إلا أن الجرافيت و السيراميك مواد متوفرة أو يمكن تصنيعها. يمكن صناعة مضيق من الجرافيت (المستعمل في الأفران العالية كعامل مقاومة كهربائية) ، يتم خراطة اسطوانة الغرافيت على الشكل المطلوب و إدخاله في محل المضيق . الإيجابية في هذه الطريقة أن الجرافيت خفيف أي كثافته ١,٨٥ غ /سم٣ مقارنة بالفولاذ ٧,٨٥غ /سم٣ أما سلبيته أن مقاومته للشد منخفضة . أفضل من الجرافيت هو السيراميك إذا يمكن تصنيعه .

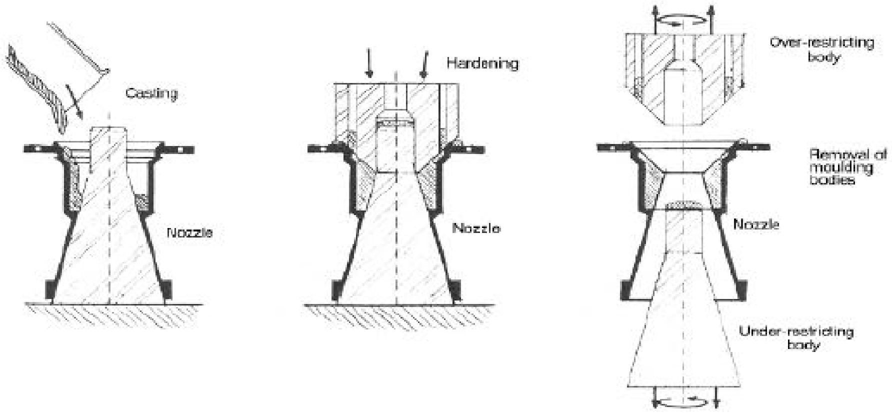
السيراميك في مضيق النازل

:لديه عدة نقاط إيجابية مثل أنه لا يسمح عبور الغازات من خلاله ، مقاومته للشد عالية عند درجات حرارة عالية ، كثافة منخفضة ١,٩-٢,٢غ/سم٣. من بين أقوى مواد السيراميك استعمالا كقاعدة هي أكسيد الألومينيوم و الذي يعرف كمادة معدنية Corund . يتكون السيراميك المستعمل في مضيق النازل هنا من الـ Corund Al_2O_3 كعامل مقوي + مادة دقيقة وهي $Ca_3(AlO_3)_2$ Calcium aluminate كعنصر رابط بالماء Hydrolytic binder .

كيفية تصنيع المركب :غالبا ما يرمز للكالسيوم ألومينات في المناجم بالـ C3A و يتم تصنيعه تجاريا بإذابة الكمية الكيميائية اللازمة من أكسيد الكالسيوم و أكسيد الألومينيوم في فرن كهربائي (فرن قوسي Arc Furnace) في درجة حرارة عالية ، يتبع ذلك قولبة الخليط ،تحطيمه و نخله (بمنخل) للحصول على مسحوق ناعم جدا بحجم جزيئات ٢٠ميكرون ، لدى هذا الخليط القدرة على الترابط

بقوة بفعل الماء مثل الأسمنت . نسب الخليط حوالي ٤٥% وزنا C3A و ٥٥% وزنا من أكسيد الأولمينيوم Corund Al2O3 وهذا مايجعل الخليط يحتوي على ٧٠% أكسيد وزنا و إلا يصبح ضعيفا بسبب نسبة CaO الكبيرة.

عملية الخلط و التعبئة :



❖ يتم تحضير الكمية اللازمة من الخلطة السابقة الذكر بعد خلطهما جيدا وهما جافان تماما

❖ نضيف كميات صغيرة من الماء الساخن إلى الخليط حتى يعطينا شكل سائل ثقيل القوام .

❖ يوضع قبل ذلك قالب تحت النازل كما هو مبين في الشكل السابق ثم نصب الخليط المبلل ثم نركب القالب العلوي من فوق مع الضغط ليسمح للكمية الزائدة أن تخرج عبر القالب العلوي كما هو مبين في الشكل .

❖ يترك دون تحريك لمدة ١٤ساعة ، يسحب القالبان بالتحريك يمنة ويسرة برفق حول النازل .

❖ **المعالجة الحرارية** : يتم سحب الماء الزائد بالتبخير البطيء عند درجة حرارة ٣٥م لمدة ٤ساعات و تتبعها ٢ ساعة على ١٥٠م لسحب أغلب الماء الباقي في المادة .

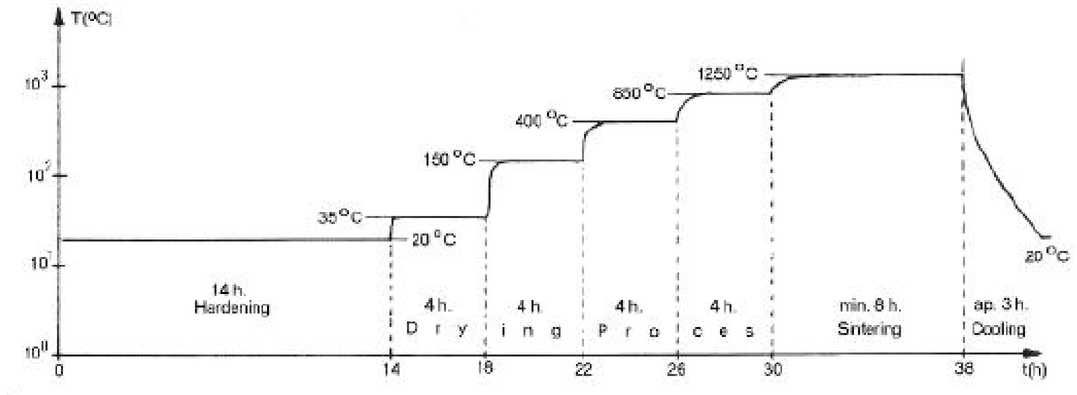
❖ تحت هذه العملية التجفيفية يتقلص حجم المضيق لدرجة أنه ينفصل من النازل بسهولة ليسمح لنا بعملية تجفيف أخرى دون النازل .

❖ عملية الربط تحت ظروف الماء سابقة الذكر ناتجة عن تكون كل من ماءات (هيدرات) كالسيوم ألومينات و ماءات هيدروكسيد الألومينيوم .

❖ تجري هذه الميكانيزمات فقط عند درجة حرارة الغرفة مما يسمح لنا بتشكيل القالب بسهولة إلا أنه يجب التخلص من الماء المتفاعل معها عند درجات حرارة عالية حيث أنه عند درجة حرارة ٣٠٠م يتحول هيدروكسيد الألومينيوم إلى أكسيد الألومينيوم لهذا تكون أول معالجة عند حرارة ٤٠٠م لمدة ٤ساعات . كذلك فإن كالسيوم ألومينات سداسي الهيدرات يتحول إلى C3A و ماء في درجة حرارة مابين ٧٠٠-٨٠٠ م منه المعالجة المطلوبة عند ٨٠٠م لمدة ٤ ساعات .

❖بعد الانتهاء من ذلك تبدأ عملية مهمة جدا وهي عملية التقليص Sintering بفعل درجة الحرارة مابين ١٠٠٠-١٢٥٠م منه نحتاج عملية تسخين عند ١٢٥٠م لمدة ٨-١٢ساعة.

❖ ثم يترك المضيق السيراميكي ليبرد في الفرن ببطء لمدة ٣ ساعات حتى يصل ٢٠م.



❖يتم لصق المضيق في المكان المخصص له في النازل المنظف ، في حالة عدم استعماله مباشرة يجب حفظه هو والنازل إذا كان ملتصقا من الرطوبة .

❖ أو نقوم قبل استعماله و تركه في مكان رطب بتجفيفه عند درجة حرارة ١٥٠م لمدة ساعتين و إلا فإن الرطوبة الممتصة تحاول الخروج من السيراميك بقوة عند تعرضها لدرجة حرارة عالية جدا مما يحطم المضيق .

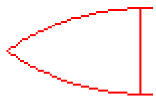
قالب تجويف الاحتراق

تستعمل عدة محركات صاروخية مساحة احتراق داخلية ، غالبا ماتكون بشكل معقد . يتم تصنيعها بوضع قالب على شكل التجويف الداخلي في المحرك الصاروخي قبل عملية صب الوقود ثم يسحب بعد تصلبه . بسبب أن لأغلب أنواع الوقود الصاروخي خاصية التصاقية و بسبب مخاطر تَكّون احتكاك مابين القالب و الوقود الصاروخي عند الرغبة في سحب القالب ، علينا جعل القالب أملس السطح تماما و يفضل أن يكون من الألومينيوم و يطلى بالتفلون Teflon ليسهل الانزلاق عند سحبه من الوقود. كذلك تم استعمال السيليكون كمادة مزلجة. و تم استعمال شمع النحل في بعض أنواع الوقود فيغمس القالب في الشمع الساخن و يترك ليبرد ثم عند الرغبة في سحب القالب من المحرك يسخن القالب ليذوب الشمع . و في طرق أخرى يمكن استعمال التفلون على شكل شريط لاصق، يغلف القالب أولا بورق ثم يتم تغليفه بشريط لاصق ، عند جفاف الوقود يسحب القالب بسهولة ثم يجر الشريط اللاصق ليسحب معه الورق.

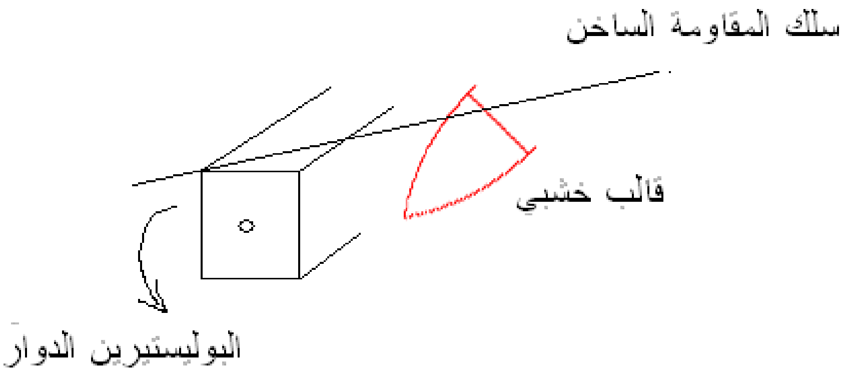
ملاحظة : في حالة كون شكل القالب نجمي نحاول طلاؤه بالزيت أو بشئ آخر ثم إلصاق الورقة به ثم لفه بشريط لاصق.

كيفية تصنيع مقدمة الصاروخ

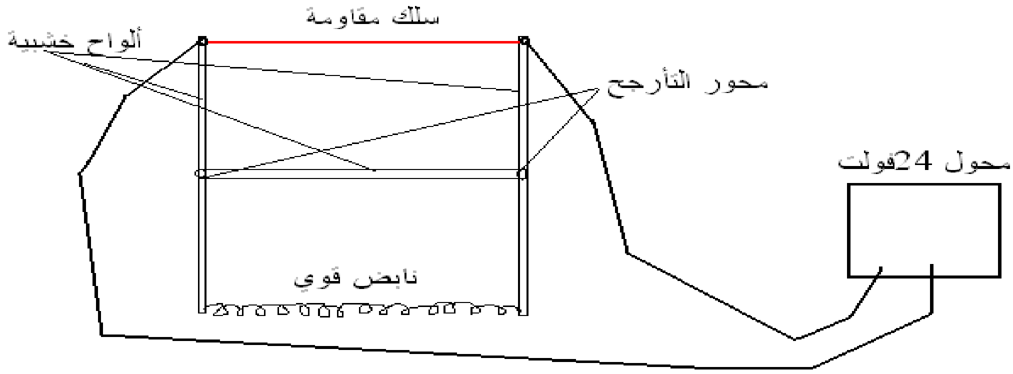
تعتبر مقدمة الصاروخ من بين الأشكال الأكثر أهمية للحصول على سرعة طيران كبيرة ، حيث يؤثر هذا الشكل في معامل الكبح Cd ، للحصول على سرعة طيران كبيرة و معامل كبح قليل ينبغي تصنيع مقدمة الصاروخ بشكل Tangent ogive (يمكن ملاحظة الفرق بين هذا الشكل و الشكل الحاد في برنامج Aerolab) . بعد تصميم الصاروخ نأخذ صورة عن مقدمة الصاروخ اللازمة للاستفادة منها عند تصنيع المقدمة. لا تنفع مقدمة من الفولاذ لأنها صعبة التصنيع و ثقيلة أما مقدمة من الخشب فهي ثقيلة و إذا كانت رقيقة هناك خطر في أنها تتكسر مع سرعات عالية. يمكن تصنيع المقدمة من مادة البوليستيرين و تسمى باليونوليت أو Styrofoam هذه المادة تقبل العمل عليها بسهولة خاصة عند استعمال سلك مقاومة يمر تيار Dc ٢٤ فولت عبره فيسخن ليقطع البوليستيرين كما يقطع السكين الزبدة. لأن شكل المقدمة دائري فإننا نركب القطعة على عمود يدور ببطء مربوط مع محرك موصول مع ترس لولبي لتخفيض سرعة المحرك . بعد طباعة الشكل المراد تصنيعه من الطابعة نرسمه على لوح خشبي و نقطع هذا الأخير حسب الشكل نتحصل على لوحة خشبية بهذا الشكل:



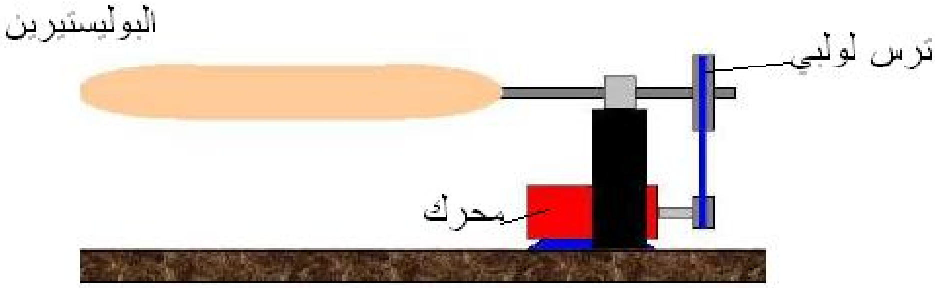
نثبت هذا اللوح قرب قطعة البوليستيرين التي تدور بسرعة من ٢-٥ دورات في الدقيقة ، ثم نأخذ آلة القطع و هي من سلك ساخن جدا و نقربها من القطعتين (البوليستيرين الدائري و اللوح الخشبي الثابت) على زاوية ٩٠ درجة و نمرر السلك على محيط اللوح (و هو ثابت) و بالتالي يمر كذلك على البوليستيرين (الذي يدور على محوره الطولي) ليقطعه على شكل اللوح فنتحصل على نسخة من اللوحة لكن على شكل دائري لأن البوليستيرين يدور .

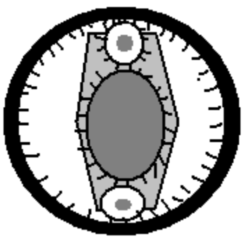


و هذا جهاز لقطع البوليستيرين بالحرارة :



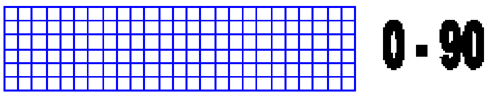
هذا شكل جهاز للتدوير:



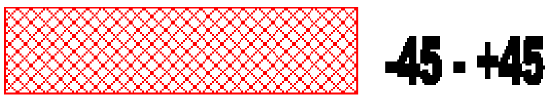


أما الترس اللولبي لتخفيض السرعة فيشبه الشكل التالي:

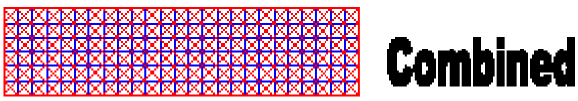
الجدير بالذكر أن عملية تصليب السطح الخارجي للبوليستيرين تتم عن طريق طلاء البوليسترين بالغراء الأبيض الخاص بالخشب و تركه يجف ثم طلاؤه بالـ epoxy resin فنضع طبقة من Fiber glass من النوع الذي تشبيكه من ٠-٩٠درجة



و طلاؤه بطبقة خفيفة من الـ Epoxy resin ثم و ضع طبقة أخرى من الـ Fiber glass من النوع المصنوع



لتحصل على تشبيك من الـ Fiber glass بهذا الشكل :



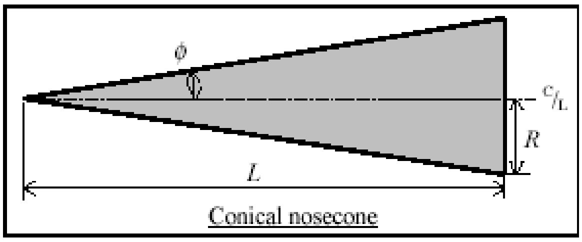
أي أكثر كثافة و يطلي بطبقة من الـ Epoxy resin نستمر على هذا المنوال حتى نحصل على القطر اللازم للمقدمة.

يتم تمليس السطح الخارجي بورق زجاجي بعد جفاف الـEpoxy أثناء دوران المقدمة ثم ملء أي فراغ أو تجويف بالفايبر و تمليسه ثانية ثم يرش بالطلاء المرغوب. يتم تقطيع المقدمة بالطول المناسب و إدخالها في حجرة المتفجرات و تثبيتها بلاصق قوي.

أشكال و أنواع مقدمة الصاروخ و مادلاتها:

أبعاد عامة للوصف:

من أجل أي شكل يُعرض هنا فإن L يعني طول المقدمة و R هو نصف قطر قاعدة المقدمة ، بينما y تعني نصف القطر في أي نقطة x و أن x متغيرة من صفر عند زاوية المقدمة إلى L . تصف المعادلات رسمة ببعدين فقط . كل مقدمة لديها زائدة للتوصيل مع الصاروخ سيتم التغاضي عنها في الوصف الرياضي.



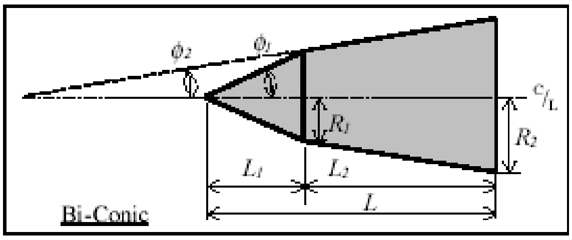
Conical nosecone

مقدمة مخروطية:

المعادلة بسيطة وهي:

$$y = \frac{xR}{L}$$

مقدمة نصف مخروطية :

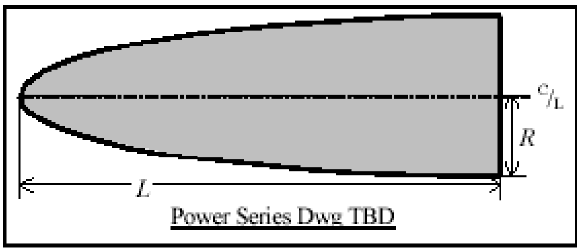


Bi-Conic

حيث أن $L = L_1 + L_2$ و لهذا من أجل $0 \le x \le L_1$ فإن المعادلة تساوي $y = \frac{xR_1}{L_1}$

كذلك من أجل $\text{for } L_1 \le x \le L$ فإن $y = R_1 + \frac{(x - L_1)(R_2 - R_1)}{L_2}$

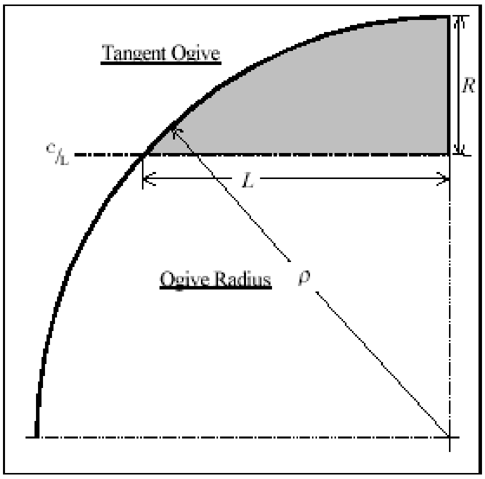
POWER SERIES تتضمن هذه المجموعة مايسمى خطأ بالـ Parabolic shape



Power Series Dwg TBD

$$\text{For } 0 \le n \le 1, \qquad y = R\left(\frac{x}{L}\right)^n$$

Where: $n = 1$ for a **CONE**
$n = .75$ for a **¾POWER**
$n = .5$ for a **½POWER (PARABOLA)**
$n = 0$ for a **CYLINDER**

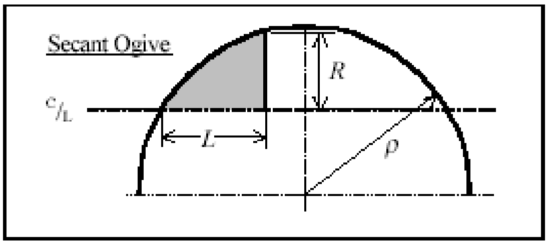


Tangent ogive: يتشكل هذه النوع من قوس دائرة و أن قاعدة المقدمة تمثل نصف قطر الدائرة . سهل التصنيع لأن شكله بكل بساطة هو قوس من دائرة يمكن رسمها بفرجار.

نصف القطر الذي يشكل الدائرة يسمى Ogive radius ويرمز له ρ حيث أن $\rho = \frac{R^2 + L^2}{2R}$ ،

نصف القطر y عند أي نقطة x ، حيث x متغير من صفر إلى L. يساوي : $y = \sqrt{\rho^2 - (x - L)^2} + (R - \rho)$. يجب أن يساوي طول المقدمة أو أقل من Ogive radius إذا تساويا فإن الشكل يكون نصف كرة Hemisphere.

Secant ogive :



شكل هذه المقدمة يشبه سابقه في أنه يمثل قوس لدائرة إلا أن نصف قطرها ليس له علاقة بطول و قاعدة المقدمة بل يجب انتخاب هذه القيم .

$$\rho > \frac{R^2 + L^2}{2R} \quad ,\text{and,} \quad \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{R}{L}\right) - \cos^{-1}\left(\frac{\sqrt{L^2 + R^2}}{2\rho}\right)$$

إذا تحقق هذا الشرط

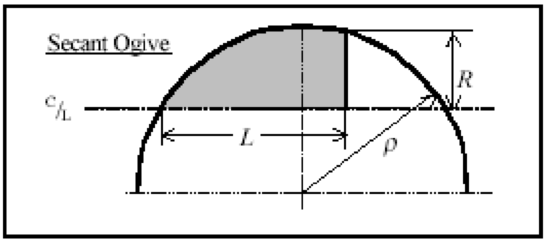
يكون كالتالي:

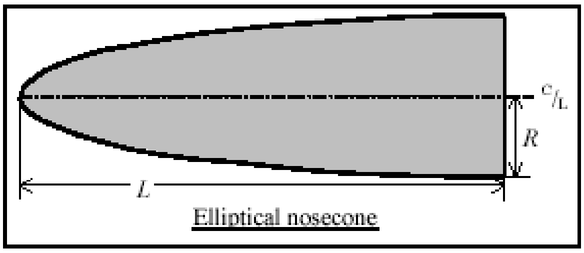
$$y = \sqrt{\rho^2 - (x - \rho\cos\alpha)^2} + \rho\sin\alpha$$

أما إذا تم اختيار ρ على أساس أقل من ρ التابعة لـ Tangent ogive فإن المعادلة تكون كالتالي :

$$\frac{L}{2} < \rho < \frac{R^2 + L^2}{2R}$$

و الشكل يكون كالتالي:



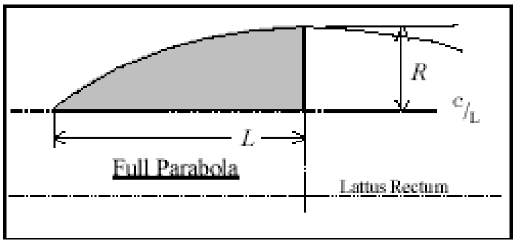


Elliptical :

هو نصف أهليلج قطع ناقص يستعمل في السرعات ماتحت سرعة الصوت ، المعادلة

$$y = R\sqrt{1 - \frac{x^2}{L^2}}$$

تساوي



PARABOLIC SERIES يشبه Tangent ogive إلا أنها تعرف على أساس قطع مكافئ Parabola و ليس على أساس دائرة

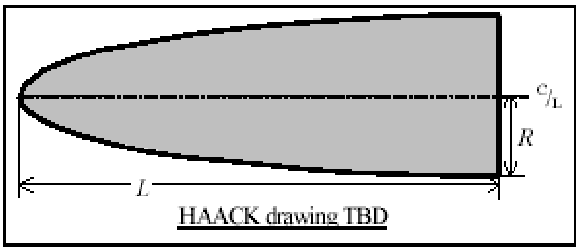
حيث أن المعادلة :

$$\text{For } 0 \le K' \le 1, \qquad y = R\left(\frac{2\left(\frac{x}{L}\right) - K'\left(\frac{x}{L}\right)^2}{2 - K'}\right)$$

K' can vary anywhere between 0 and 1, but the most common values used for nose cone shapes are:

$K' = 0$ for a **CONE**
$K' = .5$ for a **1/2 PARABOLA**
$K' = .75$ for a **3/4 PARABOLA**
$K' = 1$ for a **PARABOLA**

HAACK SERIES هذه المجموعة غير المجموعات السابقة في أنها لا يتم استنتاجها من أشكال رياضية بل شكل يحاول قدر الإمكان التقليل من الكبح Drag .



$$\theta = \cos^{-1}\left(1 - \frac{2x}{L}\right) \qquad y = \frac{R\sqrt{\theta - \frac{\sin(2\theta)}{2} + C\sin^3\theta}}{\sqrt{\pi}}$$

Where: $C = 1/3$ for **LV-HAACK**
$C = 0$ for **LD-HAACK** (This shape is also known as the **Von Karman**, or, the **Von Karman Ogive**)

الرأس المتفجر

مقدمة: يعتبر الهدف من كل صاروخ هو توصيل حمولة معينة إلى الهدف المختار. فلا يتعدى الصاروخ كونه وسيلة نقل دقيقة و آمنة للرأس المتفجر . فإذا كانت تلك الحمولة لا تعطي النتيجة المرجوة منها فلا فائدة إطلاقا من الصاروخ.

يتم اختيار الرأس المتفجر حسب خصائص الهدف . فإن نوع الهدف و التصفيح و قوته والاختراق المطلوب فيه وحركة و سرعة الهدف و التدمير المطلوب ، كل ذلك يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم رأس متفجر .

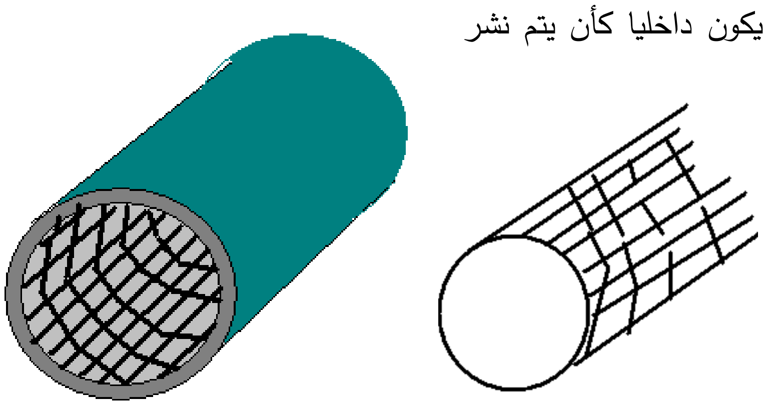
الخصائص المطلوبة في الرأس المتفجر: غالبا ما تمثل نسبة كتلة الرأس المتفجر ١٥-٢٠% من كتلة الصاروخ الإجمالية . ينبغي الإشارة على أن الخصائص المطلوبة التالية لا تجتمع في رأس متفجر واحد:

- ينبغي جعله سهلا للفك عند الرغبة في ذلك
- جهوزية تامة للعمل
- يجب أن يتحمل التسارع الكبير للصاروخ و ألا يفسد مع الزمن
- يجب أن يحدث الدمار المطلوب منه

أنواع الرؤوس الحربية: في الظاهر أنه حيز ميليء بالمتفجرات فحسب ، وهذا غير صحيح دائما . يمكن أن يحتوي الرأس المتفجر على متفجرات قوية أو سريعة الانفجار أو مواد اشتعالية أو ...

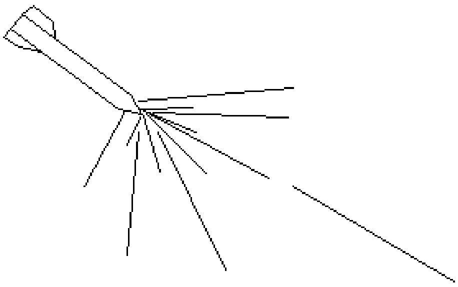
١- **Blast effect warhead** : تحتوي على متفجرات سريعة و قوية الانفجار ، عند الاصطدام أو الاقتراب من الهدف يحدث الانفجار و غالبا ما تستعمل هذه الرؤوس في الانفجارات تحت الماء .

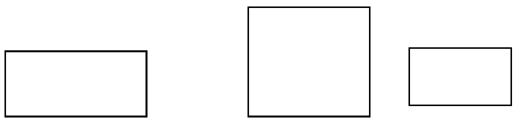
٢- **Fragmentation warhead** : رأس حربي متشظ يستعمل قوة شحنة متفجرة لرمي شظايا معدنية للحاوية بسرعة عالية جدا لإحداث ضرر بالهدف. يتم التحكم في حجم الشظية مسبقا بجعل تحزز و يفضل أن يكون داخليا كأن يتم نشر الحاوية طوليا من الداخل بمنشار.



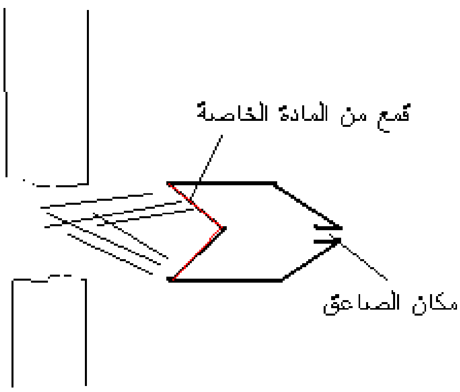
أو أن يكون خارجيا كأن نريد عمل لولبة (غلووظ) خارجية في المخرطة مع ملء الأخاديد بالفايبر. يفضل التحزيز الداخلي لترك السطح الخارجي أملس . غالبا ما يجعل هذا النوع ينفجر على علو معين بأن يضبط زمن الانفجار بعد معرفة زمن الإصابة (زمن الطيران يعرف حسب المدى).

يمكن قص مقدمة الرأس كما هو مبين في الشكل، و تركيب مؤقت ميكانيكي مع صاعق التفجير . يضبط الوقت حسب الحاجة بلف المقدمة إلى إشارة الوقت المحسوبة سابقا. يتم مراعاة ارتفاع الهدف مقارنة بمنصة الإطلاق (بنظام الـ GPS) و الرجوع إلى جدول الرمي الذي يجب أن يتضمن زمن الطيران مقارنة بالبعد. يجب إيصال مفتاح التفجير المؤقت هذا مع مفتاح التفجير بالصدم كهربائيا على التوازي.





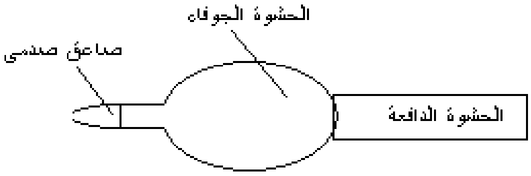
٣- Shaped charge warhead : يستعمل هذا النوع غالبا ضد الأهداف المصفحة ، باستخدام حشوة جوفاء من المتفجرات بها قمع من خلطة خاصة (تحتوي على ١جزء من بودرة النحاس و ١ جزء من بودرة التنجستن و تحمل إلى الفرن على ٥٠٠م لتأخذ شكلا متماسكا يشبه القمع)



الاختراق الحاصل عند استعمال حشوة جوفاء بها المادة الخاصة المذكورة سابقا يزيد القدرة الاختراقية للرأس المتفجر الاختراقي التقليدي إلى مرتين. لأن التنجستن مادة كتلتها الجزيئية كبيرة. و على هذا المنوال تم تطوير مايسمى بالقنابل التي تستعمل اليورانيوم المستنفد Depleted uranium.

٤- **Explosive pellet warhead**

يشبه الرأس المتفجر السابق إلا أن هذا الأخير ينفجر بعد أن يدمر الحماية الخارجية النشطة للدبابة مثلا .



المتفجرات المستعملة

يمكن استعمال متفجرات لإحداث انفجار بالتشظي مثل متفجرات PBXN-103 أو TNT أو خلائط من RDX و TNT ، NTO و TNT المهم أن تكون سرعة الانفجار في حدود ٦٠٠٠-٧٠٠٠م/ثا حتى تعطي شظايا حادة و كبيرة لا نستعمل سرعة انفجار كبيرة (٨٠٠٠م/ثا) لأنها تعطي شظايا صغيرة جدا. عند الرغبة في الحصول على انفجار مخترق للدروع نستعمل متفجرات سريعة الانفجار مثل RDX و NTO أو HMX أو خلائط منها.

هناك العديد من المتفجرات الممكن تصنيعها ، لكن ينبغي التقيد بالمهمة الموكلة للمتفجر و معرفة خواصه .

متفجر PBXN-103 : من بين أسهل المتفجرات و أفيدها لأن موادها متوفرة ، و يمكن تصنيعها بخلطها من مركبات معينة. يستعمل هذا المتفجر للانفجارات تحت الماء لأنها لا تحتاج إلى الأوكسجين المتوفر في الجو . سرعة انفجاره ٦٠٠٠م/ثا لكنه يولد كتلة غازية كبيرة جدا فهو يستعمل للتشظي و يتكون من : ٤٠% من بيركلورات الأمونيوم و ٢٧% من بودرة ألومينيوم ، ٢٥,٥% من EGDN أو النتروجليسرين و ٦% PNC و ١,٣% ethyl centralite و ٠,٢% Resorcinol .

نظام التفجير و الأمان

مقدمة

ينفجر الصاروخ عند اصطدامه بالهدف. يعتبر هذا المفهوم ناقصا عند إمعان النظر فيه ، فغالبا ما تزود الصواريخ بأنظمة كاملة لعملية التفجير حيث ينبغي تأمينه بداية حتى لا ينفجر إلا في ظروف خاصة نختارها و تسمى مجموعة الشروط تلك بنظام الأمان تتبعها عملية التسليح فنظام التفجير .

نظام الأمان

يقصد به مجموعة من الشروط لتأمين الصاروخ فلا ينفجر إلا عند توفر الشروط الموضوعة من قبل المصمم. فلا ينتقل الصاروخ من حالة الأمان إلى حالة التسليح إلا بعد تحقق تلك الشروط.

التسليح

كذلك الحال فإن الصاروخ لا ينتقل من حالة الأمان إلى حالة التسليح إلا عند تحقق شرط التسليح فيصير الصاروخ قابلا للانفجار .

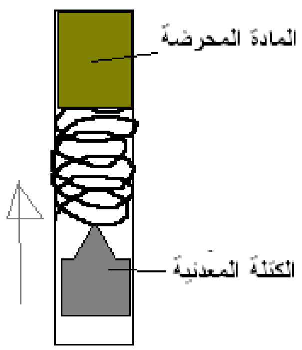
نظام التفجير

بعد انتقال الصاروخ من حالة الأمان إلى التسليح يصبح قابلا للانفجار عندما يصطدم بالهدف أو الاقتراب منه أو عند علو معين فوق الهدف ، يرجع كل ذلك إلى التصميم الأصلي للصاروخ.

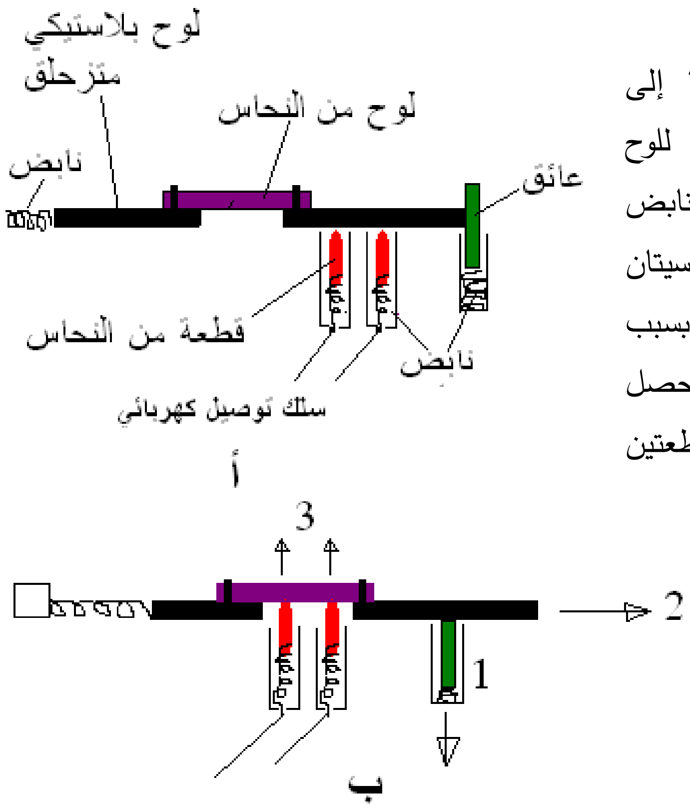
الانفجار

يمكن تفجير الشحنة الانفجارية إما بصاعق كهربائي أو صاعق صدمي. يتم توليد الصعقة الكهربائية من جسم خاص (كريستال)Piezoelectric يولد الكهرباء عند تعرضه لجهد ميكانيكي أي يحول طاقة الضغط إلى طاقة كهربائية تفجر المادة المحرضة فتفجر المادة المنشطة التي تفجر الشحنة الانفجارية الكلية. أما عند استعمال صاعق صدمي فإن كتلة صغيرة معدنية مكبوحة بنابض تنزلق على المادة المحرضة بفعل قوة الصدم فتتفجر المادة المحرضة لتفجر المادة المنشطة فالشحنة المتفجرة. تكون الكتلة المعدنية مكبوحة بكابح أمان.

يبين الشكل التالي مقطعا عرضيا لنظام الأمان و التسليح :

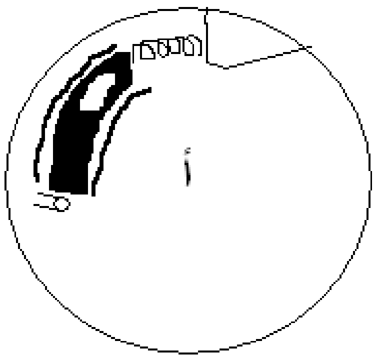


حيث عند انطلاق الصاروخ بقوة ١ إلى الأمام يرجع العائق للخلف ليسمح للوح البلاستيكي المتزحلق بالتقدم بفعل النابض إلى الأمام ٢. توصل القطعتان النحاسيتان المدفوعتان بنابض مع اللوح النحاسي بسبب تزحلق القطعة البلاستيكية للأمام ليحصل التوصيل الكهربائي3 مابين القطعتين النحاسيتين. و يتم ذلك بهذا الشكل:

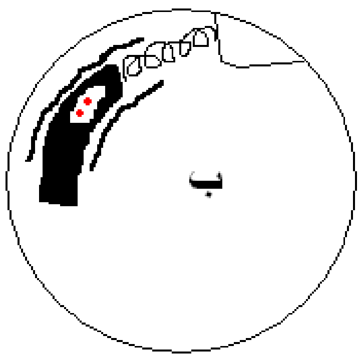


يمثل الشكل التالي منظرا علويا لماسبق:

الحالة قبل الانطلاق هي الحالة أ

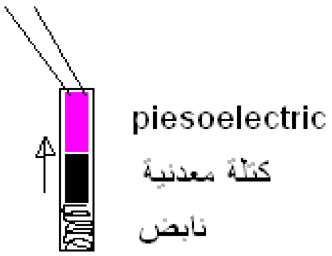


الحالة مابعد الانطلاق هي الحالة ب:



يلاحظ أن التيار الكهربائي مفصول فإذا انطلق الصاروخ إلى الأمام بقوة يتم توصيل الدارة الكهربائية. سرعة الانطلاق لها علاقة مباشرة بقوة النابض المختار وطوله. بعد تحقق شروط التسليح و توصيل الدارة الكهربائية ، يمكن تركيب نظام توقيت ميكانيكي كمفتاح أمان آخر (يتحرر هو كذلك بفعل العائق و العملية ١) فبه لا توصل الدارة الكهربائية إلا بعد انطلاق الصاروخ وابتعاده مسافة أمان.يكون مفتاح الأمان هذا موصولا على التوالي.(يفضل استعمال مؤقت ميكانيكي على الألكتروني).

أما فيما يخص صاعق التفجير الكهربائي فيكون شكله كالتالي:



بعد التسليح و عند اصطدام الصاروخ بالهدف تنزلق الكتلة المعدنية و تضغط بقوة على الكرستال Piesoelectric الذي يولد تيارا كهربائيا يفجر الصاعق التفجيري الكهربائي.

يلاحظ عدم إمكانية إعطاء تيار كهربائي إلا بالضغط على الكرستال و لا يتم ذلك عند انطلاق الصاروخ لأن الكتلة المعدنية تنسحب إلى النابض بفعل الانطلاق و على أي حال فإن الدارة مفصولة فعلا لأن قطعتي النحاس غير موصلتين ببعضهما. أما قبل الاصطدام تكون الدارة الكهربائية موصلة فإذا اصطدم الصاروخ (التوقف المفاجئ يكفي) بالهدف تنزلق الكتلة المعدنية فتضغط على الكرستال ليولد تيارا كهربائيا. تكون المفاتيح كلها على التوالي. (مفتاحا الأمان و مفتاح التفجير).

خطوات تصميم الصاروخ

تبين لنا هذه الخطوات التسلسل المنطقي لتصميم صاروخ ما ، حيث أن هذه الخطوات هي ملخص لمجموعة قوانين و إجراءات مستنبطة من مجمل الملفات المرفقة.

١- تصنيع وتجهيز المواد الأولية اللازمة لتصنيع الوقود الصاروخي (AP بودرة الألومينيوم) أنظر الملف المخصص لذلك.

٢- تصنيع الوقود الصاروخي .(أنظر الملف المخصص لذلك)

٣- إجراء التجارب الميكانيكية والحرارية على الوقود المستعمل (انظر ملف الخواص الميكانيكية و الحرارية للوقود) لمعرفة سمك جدار الأنبوب. (أنظر الملف المخصص لذلك)

٤- إجراء التجارب الباليستية للوقود المراد استعماله. من سرعة احتراق r معامل سرعة الاحتراق a أس سرعة الاحتراق n ، السرعة المميزة لخروج الغازات ، الدفع النوعي .(أنظر الملف المخصص لذلك)

٥- حساب الضغط الأقصى للمحرك الصاروخي، على أساس الأنابيب المتوفرة في السوق. (تجهيز عدة قيم لهذه الضغوط مع مايقابلها من سماكة جدار الحاوية للرجوع إليها فيما بعد إن اقتضت الحاجة) ، بعد هذا الاختبار Burst test نقوم باختبار آخر يسمى اختبار Proof test . (أنظر ملف الجانب الميكانيكي للمحرك) .كما يجب أن يتحمل الوقود المستعمل هذا الضغط من الناحية الفيزيائية والتأكد من ذلك. (أنظر الملف المخصص للخواص الفيزيائية للوقود)

في هذه المرحلة نكون قد علمنا قطر الصاروخ اللازم و سمك المحرك ووزن الحاوية.

٦- – نحدد قيمة k من برنامج كمبيوتري وهو GUIPEP بأربعة أرقام بعد الفاصلة. كذلك الحال بالنسبة لدرجة حرارة الشعلة T .

٧- تحديد مطالب المحرك الصاروخي . حيث يتم افتراض أولا أن PMF يساوي ٠,٧٣ و ذلك على أساس تصاميم عملية و عسكرية.

$$PMF = \frac{m_p}{m_0 - m_{pld}}$$

حيث أن mp هي كتلة الوقود ، m0 هي كتلة الصاروخ الأولية . mpld كتلة الحمولة النافعة وهي كل الكتلة عدا المحرك الصاروخي.

٨-تحديد الافتراضات الأولية : المدى الأقصى المطلوب من الصاروخ ، كتلة الحمولة النافعة و زاوية الإطلاق .

٩- حساب معامل مقاومة الهواء للصاروخ عند انتهاء الاحتراق و ذلك عن طريق إدخال الأبعاد الأولية للصاروخ في برنامج Aerolab . تصميم أولي للأجنحة اللازمة.

١٠- حساب سرعة الصاروخ اللازمة بعد انتهاء الوقود مع وجود كوابح مثل كابح الهواء و الجاذبية Vprop.

١١-يتم افتراض G حسب صواريخ عسكرية أخرى.

١٢-حساب كتلة الوقود اللازمة mp وزن الصاروخ بعد احتراق الوقود mbo. حساب وزن الصاروخ قبل الاشعال m0 .

١٣-يتم حساب متوسط الدفع F.

١٤- يتم حساب زمن احتراق الوقود tb.

١٥-حساب طول أنبوب الكتلة النافعة و طول مقدمة الصاروخ.

١٦-حساب الكتلة الخاملة في المحرك الصاروخي و حساب طول الصاروخ.

١٧-إعادة تصميم الأجنحة مع زاوية الفتل ، معرفة مركز الثقل و ضبط مركز الضغط بالبرنامج Aerolab.

١٨-تصميم نظام الإشعال و تجريب كمية المادة الاشتعالية اللازمة

١٩- تصميم المحرك الصاروخي انطلاقا من البيانات السابقة الذكر وذلك في برنامج Ballestic مع التحكم في مساحة الاحتراق و الضغط الناجم منه. و ضبط المحرك ليلبي الاحتياجات اللازمة للصاروخ من متوسط قوة دفع وزمن الاحتراق. هناك مثال مرفق مع هذا البرنامج ينبغي استعمال نفس النسق المستعمل فيه و استعمال هذا البرنامج و توضيح محل ملف المدخلات ليعطي لنا نتائج نستعملها في برنامج Tecplot لرسم منحنى الضغط بدلالة الزمن و منحنى الدفع بدلالة الزمن أو في برنامج Excel لرسم المنحنى و التغيير في المدخلات للحصول على منحنى يبين احتراقا ثابتا.

٢٠ – إجراء تجربة استاتية للمحرك الصاروخي و مقارنة ذلك مع التصميم النظري.

٢١- تجريب نظري للصاروخ و معرفة المدى الأقصى وبيانات أخرى بالبرنامج Launch مع التعديلات المطلوبة و إعادة الحسابات إن تطلب الأمر.

٢٢- تجريب عملي للصاروخ مع ضبط الدقة.

تصميم صاروخ مداه ٢٠كلم
باستعمال الوقود المركب

١- إنشاء جهاز لتصنيع أنودات أكسيد الرصاص ، تصنيع أنودات أكسيد الرصاص . تصنيع جهاز شفط الغازات . تصنيع المواد الأولية اللازمة لتصنيع الوقود الصاروخي وهي بيركلورات الأمونيوم ، تحضير بودرة الألومينيوم . (أنظر ملف تصنيع بيركلورات الأمونيوم).

٢- تصنيع الوقود الصاروخي ، ينتخب وقود صاروخي من ملف تصنيع الوقود الصاروخي مناسب حيث ينبغي أن يكون الدفع النوعي لديه يساوي ٢٥٠ثا والخواص التالية:كثافة **١,٨٢١٧غ/سم٣** ، سرعة احتراق **٦,٨٥٨ملم/ثا** ، مع أس احتراقn = ٠,١٥ و معامل احتراق ٠,٠٠٦٧، حيث يساوي الدفع النوعي ٢٥٠ثا نظريا لكنه يساوي أقل من الناحية العملية أي ٢٤٠ثا لكن مع الفتل في الصاروخ ترجع هذه القيمة كما كانت أي ٢٥٠ثا. أنظر الملف الخاص بطريقة تصنيع هذا الوقود (تصنيع الوقود الصاروخي المركب Composite). مثال عنه PU + %١٨Al +%٦٨AP + %١١,٧٨ DOP+%١,٧٢PN+ ٠,٥ %.

٣- إجراء التجارب الميكانيكية و الحرارية على الوقود المنتخب (أنظر ملف الخواص الميكانيكية) . يجب اختيار أنبوب للمحرك الصاروخي بسمك مناسب.

٤- تصنيع جهاز لقياس سرعة الاحتراق في ضغط مرتفع . إجراء التجارب اللازمة على الوقود المقترح لمعرفة سرعة احتراقه r كذلك معامل سرعة الاحتراق a ، أس سرعة الاحتراق n ،تصنيع جهاز لفحص المحرك بقياس السرعة المميزة لخروج الغازات و الدفع النوعي ، لتأكيد القيم النظرية السابقة .

٥- ينبغي إجراء التجارب العملية لمعرفة سمك الأنبوب اللازم لتحمل الضغط المقترح (مع تجهيز جدول كئمل بأنواع الأنابيب المتوفرة في السوق بأسماك مختلفة و ما يقابلها من نتائج تجربة فحص الأنبوب Burst test) . ينبغي استعمال أنبوب بسمك متوفر في السوق بحيث لا نحتاج لخراطة خارجية للتقليل من التكلفة و الجهد . وجد في مثال سابق أن أنبوب سمكه ٣,٩١٦ملم من الفولاذ التجاري يتحمل ١٩٥بار منه مع أخذ همش سلامة ١,٥ يعني الضغط المقترح من أجل هذا الأنبوب هو ١٣٠بار . لهذا نرغب في استعمال أنبوب متوفر كذلك في السوق بسمك أقل وهو ٣,٤ملم (٠,١٣٤إنش) الضغط المناسب لهذا الأنبوب حسب المثال السابق هو **١١٢,٨بار**. قطر الأنبوب الداخلي ١٣٤,٥ملم ووزن القدم منه ٧,٧٧رطل أي وزن ١٠٠سم هو ١١,٥٦كغ. كما يجب اجراء تجربة الـProof test وهي تجربة تأكد أن الأنبوب المراد استعماله ينفع ويتحمل الضغط ،

وذلك برفع الضغط فيه إلى مثلا ١١٥بار مع إجراء درجة حرارة ٦٠م لعدة ثوان ، ثم يخفف الضغط و يفحص ما إذا تغيرت الخواص الفيزيائية للأنبوب.

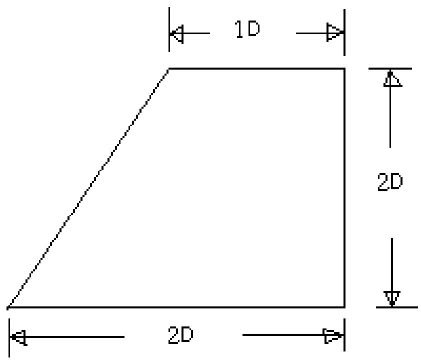
٦- حساب قيمة K للوقود المستعمل من برنامج GDL و تساوي هنا ١,١٦٤٥ درجة حرارة الشعلة تساوي كلفن ٣٥٤٤ .

٧- تحديد قيمة الـ PMF من نماذج صواريخ عملية بحيث يساوي 0.72 و ذلك من الصاروخ الإيطالي FIROS حيث وزنه الأساسي ٥٢,٤كغ وزن الوقود المستعمل ٢٢كغ قطره ١٢٢ملم.

٨- المطلوب إيصال كتلة نافعة قدرها ١٩كغ إلى مدى أقصاه حوالي ٢٠كلم على زاوية اطلاق ٤٥درجة مستعملا الوقود المذكور أعلاه. (استعمل دائما زاوية إطلاق ٥٢درجة لأنها تعطي في هذا النوع من الصواريخ مدى أكبر).

٩- نحاول إيجاد مركز ثقل الصاروخ الأولي حسب الافتراضات الأولية لأبعاد الصاروخ حتى لو تم ملؤه بوقود خامل.

١٠- نحسب قيمة معامل مقاومة الهواء للصاروخ عند انتهاء الاحتراق و ذلك بإدخال الأبعاد الأولية للصاروخ المقترح (تؤخذ من أمثاله) في برنامج Aerolab حيث طول مقدمة الصاروخ تساوي ٢٢سم قطره ١٤ سم، من النوع Tangent ogive . طول الحاوية ٢٠٠سم قطر النازل ١٣,٤٤ سم.



تحسب مساحة الجناح على أساس مساحة الشكل السابق ، غير أننا نعدل في عرض الجناح مع المحافظة على المساحة الكلية ثم نعدل أخيرا في مساحة الجناح اللازمة حسب موقع مركز الضغط.

الأجنحة عددها ٤ ، A=٥٣,٤٦سم، B=35.64سم ، C=17.8 ، F=8 سم سمك الجناح هو ١سم و يتم تسنينه بحيث يكون حادا في المقدمة و المؤخرة أي L و T يساويان ٤سم، موقع الاجنحة على بعد ١٣٢ سم من رأس الصاروخ ، أنظر باقي البيانات في ملف Rocket20km-6 تحت المشاريع Project للبرنامج Aerolab

بعد فتح الملف ينبغي تحت settings\conditions\upper mach number إدخال ٣,٨ و ليس ٣ أي نريد معرفة الكبح بعد انتهاء الوقود نفترض الآن تواجد مركز الثقل في ٩٣سم من فوق ،

حسب البيانات الأولية المدخلة فإن مركز القوة الأولي يكون عند ١٠٦سم من فوق و الثاني عند ١٣٤ سم من فوق . لنتحصل على قيمة معامل الكبح عند انتهاء الوقود مساويا لـ Cdbo =٠,٣٨ . المهم تصميم شكل مناسب لقراءة الكبح عند نهاية الوقود (هنا ٣,٨ ماغ تم معرفته بإدخال بيانات الصاروخ الأولية في برنامج Launch) فيعطي الافتراض الأول ٠,٣٨ . كلما كان هذا الرقم منخفضا (مع المحافظة على الاستقرار ، مركز القوى أبعد بـ ١٤ إلى ٢٨سم من مركز الثقل) كلما احتجنا لوقود أقل لإيصال الكتلة النافعة للهدف المطلوب (لأن الكبح يقل).

١١- حساب سرعة الصاروخ بعد انتهاء الاحتراق اللازمة لإيصال حمولة نافعة وزنها ١٩ كغ (هي كتلة الصاروخ الإجمالية ناقص كتلة المحرك الصاروخي) إلى الهدف الذي يبعد حوالي ٢٠كلم من منصة الإطلاق.

$$V_{prop} = V_B + \Delta V_{boost} + \Delta V_{coast} + \Delta V_{grav}$$

حيث أن Vprop تعني السرعة الكلية اللازمة مع وجود كبح الهواء و تأثير الجاذبية و تحسب بالمتر في الثانية. VB هي السرعة الكلية اللازمة دون أخذ كبح الهواء و تأثير الجاذبية بعين الاعتبار أي كأن الصاروخ يطير في الفضاء و تحسب بالمتر في الثانية. ΔV_{boost} أي السرعة المفقودة أثناء الدفع Boost تحسب و تضاف كسرعة إضافية بسبب الجاذبية فيجب أن تضاف إلى السرعةVB.

ΔV_{coast} هي السرعة المفقودةCoast بسبب التأثيرات المذكورة سابقا أثناء الطيران الحر للصاروخ.

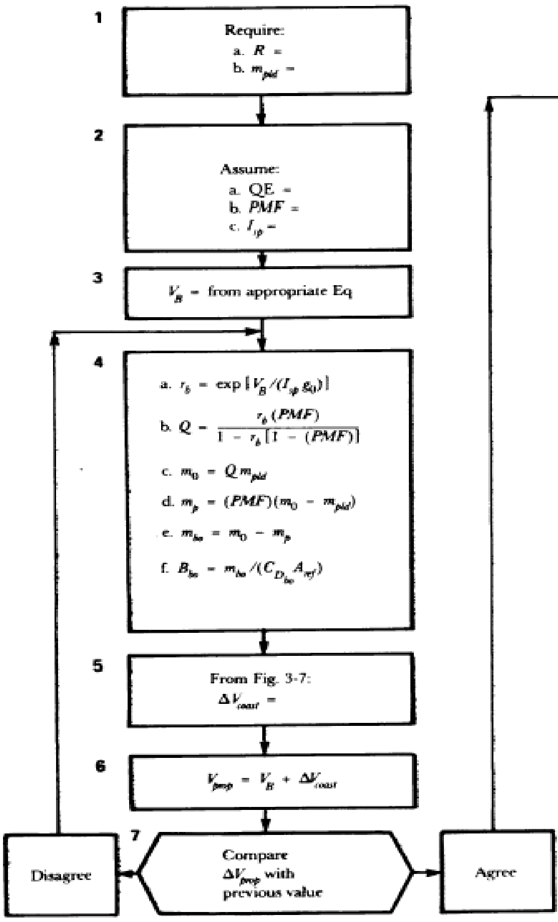
ΔV_{grav} هي السرعة المفقودة بسبب الجاذبية يجب أن تضاف إلى السرعةVB . تحسب السرعة VB كالتالي:

$$V_B = \sqrt{\frac{Rg_0}{\sin(2QE)}} \quad , m/s$$

حيث أن R هي المدى المطلوب و تساوي هنا ٢٠كلم (٢٠*١٠٠0م) ، و أن QE تعني زاوية الاطلاق نأخذ هنا قيمة ٥٢درجة لأنها تعطي أكبر مدى ممكن.

بعد تعويض القيم R بـ ٢٠٠٠٠م و g بالـ ٩,٨٠٦٦٥ قيمة التسارع الجاذبية (تؤخذ القيمة الصحيحة حسب البلدان والارتفاعات) .

١- نجد أنVB تساوي ٤٤٩,٥٩٥٩ م/ثا.



من أجل إيجاد ΔV_{coast} ينبغي تقديرها من منحنى خاص بعد معرفة بعض البيانات ثم إعادة التدقيق في قيمة ΔV_{coast} بسلسلة من الحسابات و ذلك حسب المخطط السابق.

٢-باستعمال قيمة الدفع ٢٤٠ثا مثلا يمكننا حساب قيمة النسبة rb

و تساوي: rb = exp (449.5959/9.80665x240) =**1.2105**

٣- نحسب $Q = \frac{m_0}{m_{pld}} = \frac{r_b(PMF)}{1 - r_b[1-(PMF)]}$ حيث تساوي Q= **1.3184**

٤-نحسب قيمة m0 كتلة الصاروخ الأولية منه $Q = \frac{m_0}{m_{pld}}$

m0=١٩كغ x 1.3184= **25.0501** كغ

يمكنناحساب الكتلة الأولية للوقود $PMF = \frac{m_p}{m_0 - m_{pld}}$

٥- mp =0.72(25.0501-١٩)= **4.3561** كغ

٦- $m_{bo}=m_0-m_p$ منه فإن كتلة الصاروخ بعد انتهاء الوقودmbo تساوي 25.0501-4.3561=**20.694**كغ

٧- الخطوة التالية هي حساب Bbo وللقيام بذلك يجب تعيين CDbo و تساوي هنا ٠,٤٨٥ من برنامج Aerolab كما ذكر سابقا كذلك يجب حساب Aref و تساوي هذه الأخيرة (٣,١٤*٠,١٤*٠,١٤)/٤ =٠,٠١٥٣٩٣ منه فإن Bbo تساوي 20.694 كغ / ٠,٤٨٥*٠,٠١٥٣٩=٢٧٧٤كغ/م٢

٨- باستعمال الشكل التالي نتمكن من تدقيق و اقتراب أكثر من القمية الحقيقية لسرعة الصاروخ عند انتهاء الوقود بحساب ΔV_{coast} من الشكل. باستعمال قيمةBbo المحسوبة ، و قيمة VB المحسوبة هنا لنجد من المنحنى أن ΔV_{coast} تساوي ٢٤٠م/ثا.

كيفية القراءة من الجدول : أولا تحديد القيم المطلوبة في كل عملية تدقيق حيث تساوي هنا ٢٧٧٤و ٤٤٩,٥٩ نقوم بالقراءة على محور السينات قيمة ٢٧٧٤ نجد أنه مابين الرقم ٢٠٠٠و ٣٠٠٠ . ثم نحدد مكان ٤٤٩,٥٩ مابين المنحنى ٦٠٩,٦ و المنحنى ٣٠٤,٨ صعودا مع

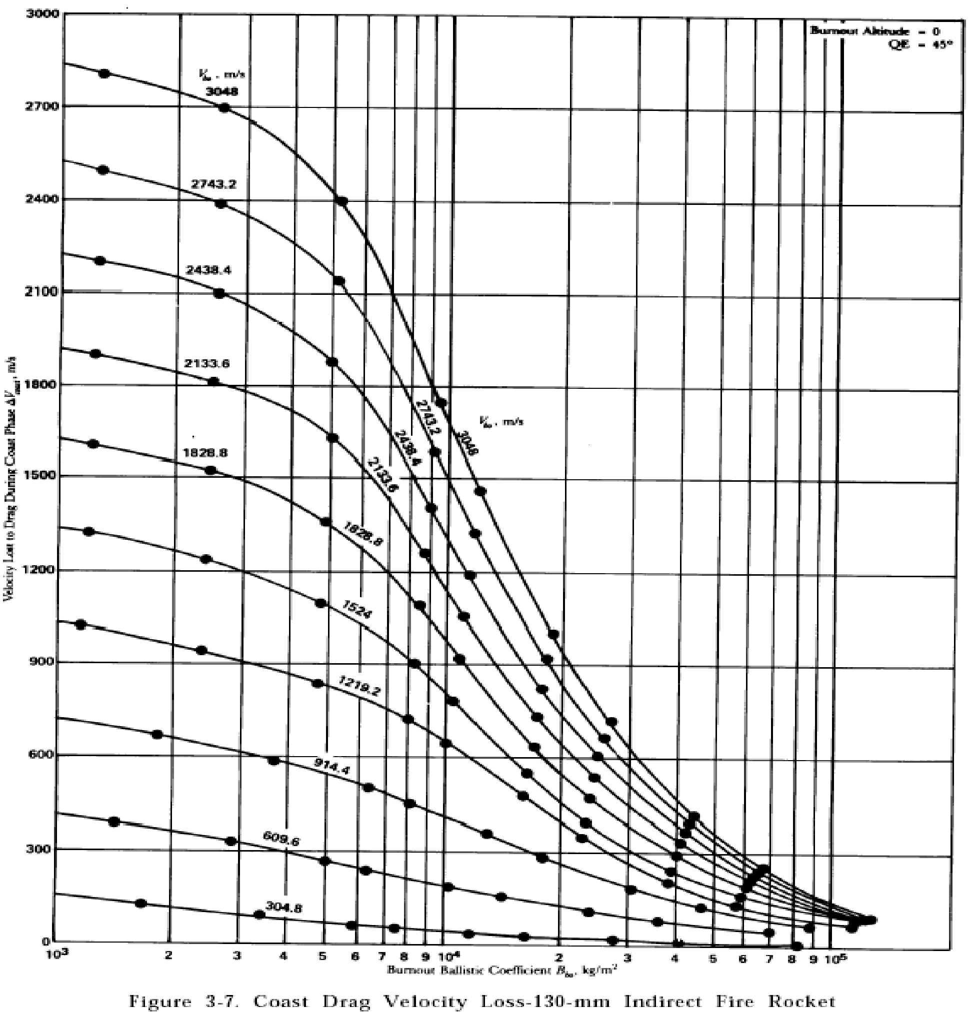


Figure 3-7. Coast Drag Velocity Loss-130-mm Indirect Fire Rocket

قيمة السينات نقدر المكان مابين تلك القيمتين و نضع علامة نستفيد من برنامج PHOTOSHOP إن أمكن لعمل تدريج دقيق وقراءة مقربة . من تلك العلامة نتوجه إلى محور الصادات لنقرأ السرعة المفقودة بسبب الهواء أثناء مرحلة الطيران الحر لنجد تحت الرقم ٣٠٠م/ثا و بالضبط ٢٤٠م /ثا.
ينبغي التنويه على إمكانية رسم خطوط مدرجة أكثر للمحور الصادي خاصة.
يصبح لدينا قيمة سرعة الصاروخ اللازمة بعد انتهاء الوقود تساوي في هذه المرحلة

$V_{prop} = V_B + \Delta V_{coast}$ =٤٤٩,٥٩٥٩+٢٤٠=٦٨٩,٥٩٨٢م/ثا

١٢- باستعمال قيمة V_{prop} الجديدة في مكان V_B السابقة نعيد الخطوات ٢-٣-٤-٥-٦-٧-٨

مثلا إعادة حساب r بالقيمة الجديدة لـ V_{prop}

أي: r=exp (689.592/9.80665*240) =1.3404

Q=1.54517

m0=١٩كغ x1.5304=**29.3582**كغ

mp =0.72(29.0774-١٩)=**7.4594**كغ

mbo = 29.0774-7.2557=**21.9**كغ

Aref = ٠,٠١٥٣٩٣

Bbo =21.9كغ / 0.485*٠,٠١٥٣٩=**2934**كغ/م٢

القيم الجديدة للقراءة من الجدول هي 2934و قيمة 689.5982 لنقرأ قيمة ΔV_{coast} الجديدة هي 375 م/ثا منه تصبح:

$V_{prop} = V_B + \Delta V_{coast}$ =٤٤٩,٥٩٨٢+375=٨٢٣,٥٩٨٢م/ثا

لاحظ إضافة التدقيق الجديد إلى القيمة ٤٤٩,٥٩٨٢ و ليس 689.5982.

نقوم بمقارنة القيمة الجديدة ٨٢٣,٥٩٨٢م/ثا مع القيمة 689.5982م/ثا القديمة لنجد أنهما لا يتساويان فنستمر في عملية التدقيق.

١٣- نلاحظ أن قيمة V_{prop} الجديدة بعد إجراء تلك الخطوات لديها زيادة عن قيمة V_{prop} التي سبق أن حسبناها فنعيد الخطوة ٩ أي إعادة إجراء الخطوات من ٢ إلى الخطوة ٨ و نقارن قيمة V_{prop} الجديدة مع قيمة V_{prop} السابقة فإذا تساويتا تكون القيمة الصحيحة هي المستعملة في الخطوات التالية. بعد عملية التدقيق التاسعة نجد القيم التالية:

V_{prop} = ٤٤٩,٥٩٨+٨٢٩,٦١=١٢٧٩,٢١٨ م/ثا. r = ١,٧٢٢ ،

Q =٢,٣٩٤٥ ، m0 =٤٥,٤٩٥٨ كغ ، mp =١٩,٠٧٧كغ ، mbo=٢٦,٤١ ،Bbo =٣٥٣٩.

١٤- نفترض من بعض الصواروخ أن G تساوي 60 و هي التسارع الذي يخرج به الصاروخ من القذف.

$F_1 = G m_1 g_1, N.$ منه G*g* m0= F

F=60*٩,٨٠٦٦٥*٤٦,٤٩٥٨=٢٧٣٥٨,٠٨نيوتن نقارن هذه القيمة مع البيانات العملية لتجريب المحرك ، و ضبط النقص أو الزيادة.

كذلك يمكن أخذ قيمة أخرى للمقارنة وهي G=45 و بالتالي يكون Fيساوي ٢٠٥١٨,٥٦ نيوتن.

كذلك محاولة استخلاص قيمة G من التجارب عند حساب C*. $\dot{m} = F_B/(I_{sp} g_0)$, kg/s منه $\dot{m}$

=٢٧٣٥٨,٠٨\٢٤٠*٩,٨٠٦٦٥=11.624كغ/ثا.

أما $\dot{m}$ الخاصة بقيمة G=45 فتساوي =8.718 $\dot{m}$ كغ/ثا.

$t_b = m_p/\dot{m}$, s. منه t_b =١٩,٠٧٧/١١,٤٣٦=١,٦٧ثا

أما زمن احتراق الوقود في حالة كون G=45هو ٢,١٩ثا.

١٥- نحسب قيمة G*t_b=٦٠*١,٦٧=١٠٠,٠٩ نأخذ هذه القيمة مع قيمةBbo =٣٥٣٩ لنجد أن $\Delta V_{boost}/t_b$ = ٣٠ من المنحنى التالي حيث يصبح ΔV_{boost}=٣٠*١,٦٧=٥٠,١م/ ثا.

الفقدان في السرعة بسبب الجاذبية ΔV_{grav} يساوي :

ΔV_{grav} = sin45° * ١,٦٧ثا * ٩,٨٠٦٦٥ =١١,٥٨م/ ثا لا تأثير في حالة G=45.

و بالتالي تصبح السرعة القصوى التي يجب أن يصلها الصاروخ هي :

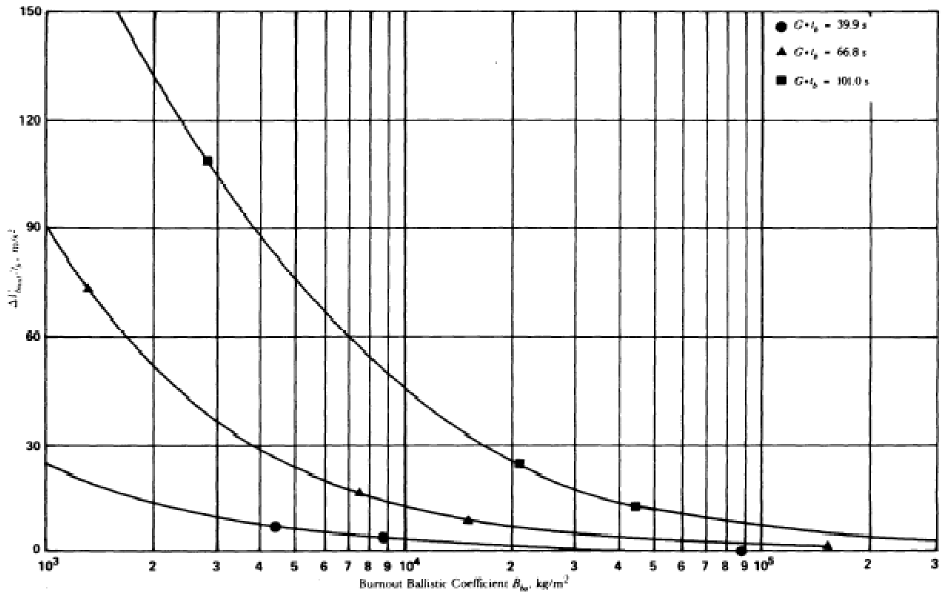


Figure 3-8. Boost Drag Velocity Loss-Indirect Fire Rocket

V_{prop} =٤٤٩,٥٩٨+٨٢٩,٦١ +٥٠,١+ ١١,٥٨ =١٣٤٠,٨٨م/ثا

يجب أن نعيد حساب القيم السابقة على أساس قيمة V_{prop} الجديدة:

r=١,٧٦٧ ، Q= ٢,٥١٩ ، m0 =٤٧,٨٦ كغ ، mp =٢٠,٧٨كغ، Bbo =٢٧٨٥,٥٢

F=٦٠*٩,٨٠٦٦٥*٤٧,٨٦=28160.77نيوتن

أما كون G=45 فإن F =٢١١٢٠,٥٨ نيوتن

$\dot{m}$ =28160.77\٢٤٠*٩,٨٠٦٦٥=11.96كغ /ثا

القيمة الثانية لـ $\dot{m}$ للمقارنة=٨,٩٧٣٥كغ/ثا

t_b =20.78\11.96=1.74ثا

أو تساوي عند G =45 ، t_b =٢٠,٧٨ \٨,٩٧٣٥=٢,٣١ثا

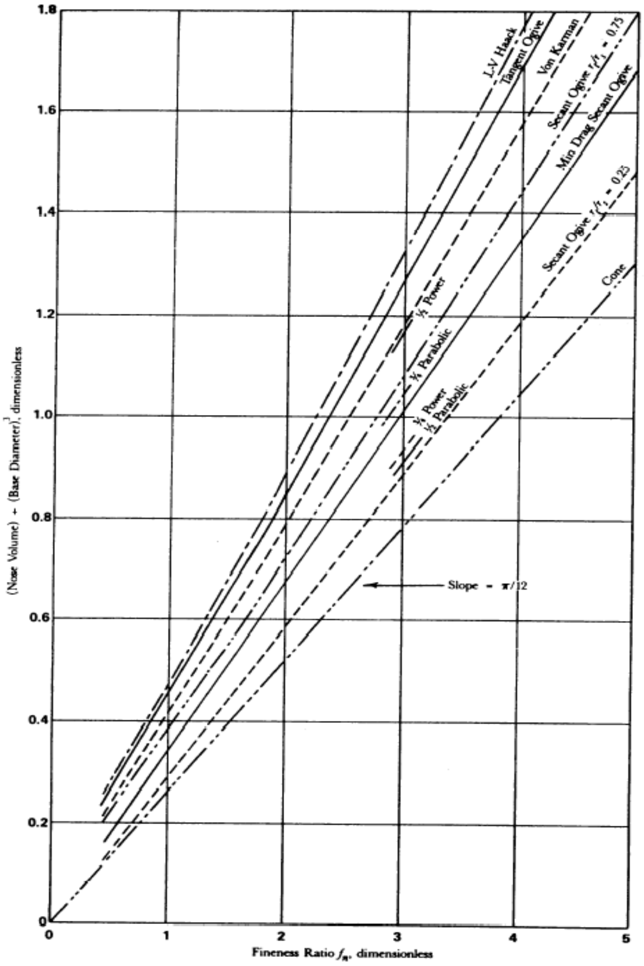
نعيد إدخال هذه البيانات في البرنامج Launch لنتحصل على قيم I الكلية و المدى وزمن الوصول للهدف . و تقارن مع تجارب المحرك الصاروخي .

١٦- تؤخذ كثافة الجزء الذي يعلو المحرك أي الكتلة النافعة (مقدمة، المتفجرات و حاوية المتفجرات) بالقيمة ٢٧,٦٨كغ/م٣ منه حجم الكتلة النافعة هي وزن الكتلة النافعة /كثافته و تساوي ١٩\٢٧,٦٨=٠,٠٠٦٨٦م٣

آخذين بعين الاعتبارأن نسبة طول الكتلة النافعة على قطره $(\ell_N/d = 3)$ يساوي ٣

$$\frac{\ell_N}{d} = \sqrt{c - 0.25}, \text{ dimensionless.}$$

حيث أن c هو قطر الصاروخ لكن بإمكاننا قراءة نسبة حجم المقدمة على القطر ويساوي ١,٢٦٣ من الرسم التالي:

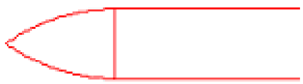


منه فإن حجم Vnose=1.263(0.14)(0.14)(0.14)=0.003465

Vref=Vcyl –Vnose =٠,٠٠٦٨٦–٠,٠٠٣٤٦٥=٠,٠٠٣٣٩٥م٣

و بالتالي فإن طول حاوية الكتلة النافعة هي: $l_{cyl}=\frac{4V_{cyl}}{\pi d^2}$ و تساوي ٠,٢٢م

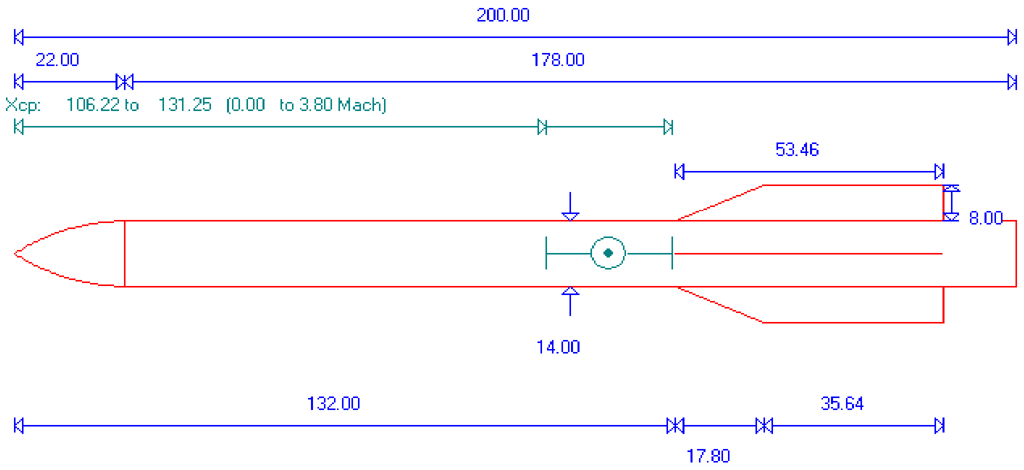
بما أننا أخذنا نسبة طول المقدمة l_N على القطر تساوي ٣ و l_N يساوي ٣*٠,١٤=٠,٤٢م لهذا فإن الطول الكلي للرأس المتفجر (أي شئ إلا المحرك) يساوي



٠,٢٢+٠,٤٢= ٠,٦٤م

منه نسبة طول الكتلة النافعة على القطر تساوي ٠,٦٤/٠,١٤=٤,٥٧

نحاول انقاص معامل كبح الهواء كما ذكر بالتقليل من مساحة و سمك الجناح مع إجراء مقدمة و مؤخرة الجناح حادتين ، كل ذلك مراعاة مع موضع مركز الضغط من مركز الثقل. ينبغي الحصول على معامل الكبح ٠,٣٨ عند نهاية الوقود مثلا عند ماغ ٣,٨.



All Dimensions are: cm

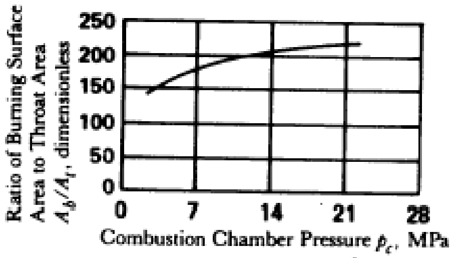
هذا تصميم لصاروخ كبح الهواء لديه عند انتهاء الوقود يساوي ٠,٣٨.

١٦–يجب معرفة طول المحرك و ذلك بعد رسم النازل اللازم (ارجع إلى الملف الخاص بالمحرك الصاروخي) كذلك ينبغي حساب حجم الوقود مع حجم التجويف حيث يحصل الاحتراق . ينبغي حساب مساحة الاحتراق Ab حيث تساوي مساحة الاحتراق= $\dot{m}$ \ ρ_p .r ، حيث أن ρ_p هو كثافة الوقود. نجد أن مساحة الاحتراق **Ab** = ١٨٢١,٧\١١,٩٦كغ/م٣ * ٠,٠٠٦٨٥م/ثا

=٠,٩٥٨٤م٢ . أما في حالة كون G=45 فإن مساحة الاحتراق اللازمة هي Ab = ٠,٧١٩١٤م٢.

١٧- ينبغي التأكد من أن قيمة Web fraction تساوي مابين ٠,٣-٠,٤ وهو المطلوب في حالة استعمال مساحة احتراق نجمية . حيث أن :

w = r . tb =٠,٦٨٥*١,٧٤=١,١٩سم ، نصف القطر الداخلي للحاوية يساوي ٦,٦٦سم منه فإن Web fraction يساوي =w/نق=١,١٩/٦,٦٦=٠,١٧٨ منه غير مناسب لأنه يجب أن يساوي مابين ٠,٣-٠,٤ . في حالة G=45 فإن زمن الاحتراق يساوي ٢,٣١ثا منه فإن ٠,٦٨٥*٢,٣١=١,٥٨سم منه الكسر السابق يساوي ١,٥٨/٦,٦٦=٠,٢٣ وهو كذلك غير مناسب يعني ذ لك إما نزيد في سرعة احتراق هذا الوقود ليصبح على الأقل ٠,٨٦سم/ثا عوض عن ٠,٦٨٥. أو نستعمل وقود آخر .



(C) A_b/A_t vs p_c

يمكن إعادة حساب مساحة الاحتراق اللازمة لهذه السرعة كالتالي :

Ab = ١٨٢١,٧١٨,٩٧٣٥كغ/م٣ * ٠,٠٠٨٦م/ثا =٠,٥٧٢٨م٢ عند G=45.

١٧- مساحة المقطع العرضي للمضيق يحسب بعدة طرق منها ما نرى في الشكل التالي:

أن ضغط الحجرة الاحتراقية ١١٠بار فإن نسبة مساحة الاحتراق على مساحة المقطع العرضي للمضيق يساوي ٢٠٠ . و بما أننا نستعمل G=٤٥ فإن مساحة الاحتراق المقترحة و المعدلة بإضافة مسرعات هي٠,٥٧٢٨م٢ بذلك يمكن حساب مساحة المقطع العرضي للمضيق At =٠,٥٧٢٨م٢ /٢٠٠=٠,٠٠٢٨٦٤م٢ تعني هذه المساحة أنها مساحة دائرة منه فإن نصف القطر يساوي ٣سم . نرى في ملف الجانب الميكانيكي للمحرك أن هذه القيمة كبيرة أي يصبح قطر المضيق حوالي ٦ سم هو قطر كبير مما يجعل النازل (مخرجه) كبيرا . لهذا نقول أن مساحة الاحتراق هذه غير مناسبة . لهذا يجب اختيار وقود صاروخي بسرعة احتراق عالية نوعا ما مثل الوقود AP/Al/PVCحيث سرعة احتراقه ١,١٤سم/ثا عوض عن ٠,٦٨٥سم/ثا للوقود المقترح آنفا . ينبغي إعادة الحسابات السابقة كلها في حالة تغير خاصية من خواص الوقود.مثلا استعمال كثافة الوقود ١٧٧٠كغ/س٣ تصبح مساحة الاحتراق اللازمة هي ٠,٤٤٢٩٦م٢ بالتالي فإن القطر اللازم في المضيق هو ٥,٣ سم .

أو يمكن حساب قطر العنق كالتالي:

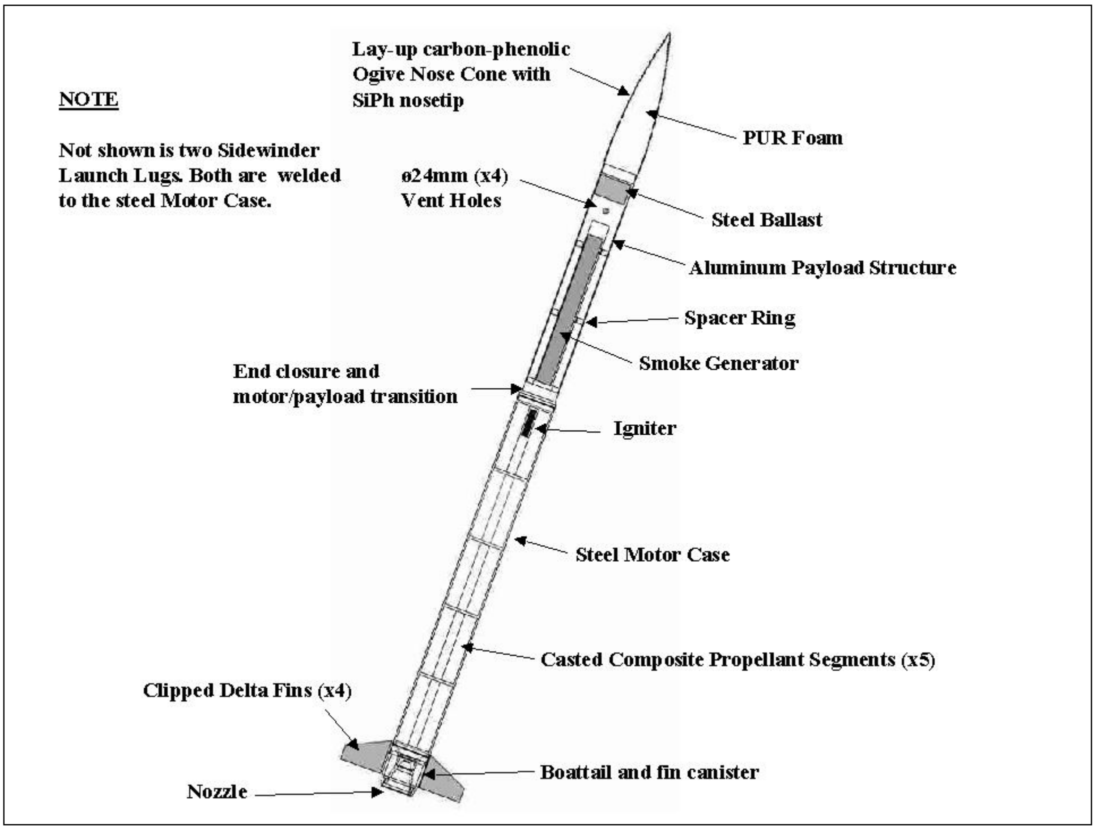
$$\rho_p \cdot A_b \cdot a \cdot p_1^{\,n} = \frac{\pi}{4} D_{th}^{2} \cdot p_1 \cdot \frac{\Gamma}{\sqrt{T_1}}$$

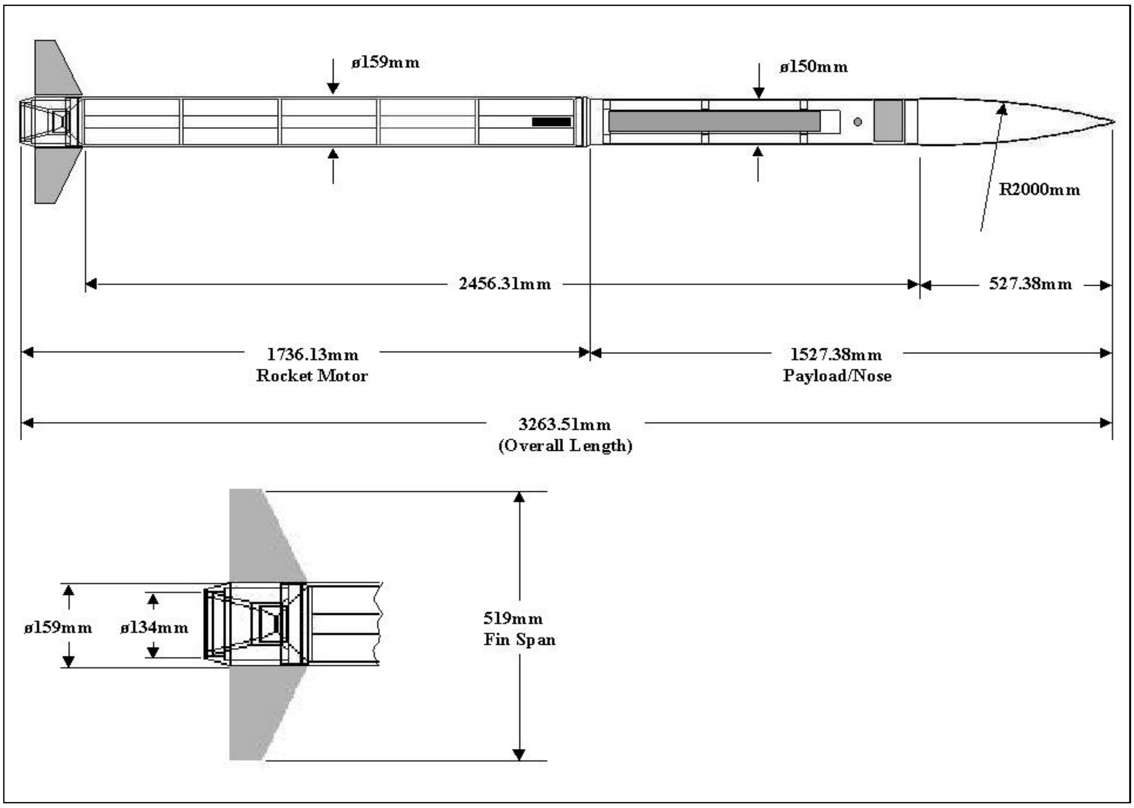
$$\Gamma = \sqrt{\frac{\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}{\sqrt{k \cdot R}}}$$

يمكننا حساب قطر المضيق بعد تعويض قيمة الضغط الأقصى المتوقع و درجة حرارة الشعلة و مساحة الاحتراق .

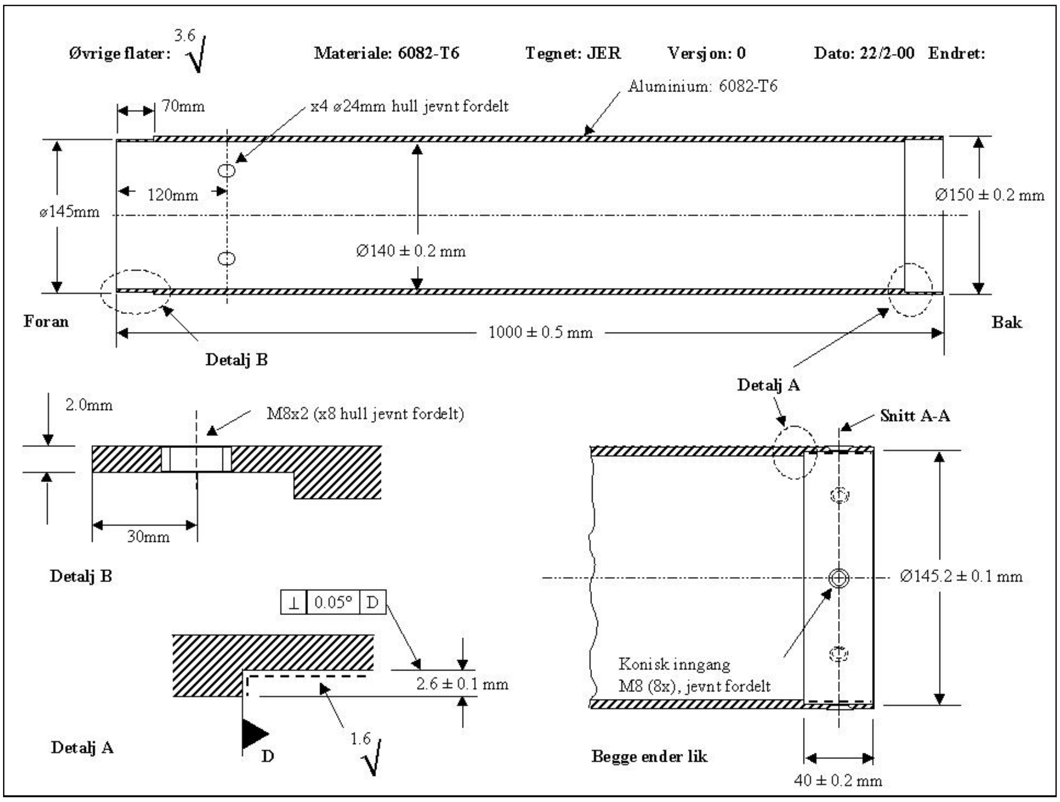
١٨- بعد اجراء كل التعديلات اللازمة و إعادة الحسابات كلها إن تطلب الأمر نأخذ البيانات النهائية كمرجع لتشكيل مساحة الاحتراق الثابتة و تصميم المحرك الصاروخي اللازم في برنامج Ballestic و الذي يعطي لنا مخطط المحرك الصاروخي اللازم تصنيعه و تجريبه. يمكن التغيير هنا في مساحة الاحتراق للحصول على مساحة احتراق ثابتة مع توفير دفع متوسط كالدفع المفترض.

أمثلة على بعض المخططات :

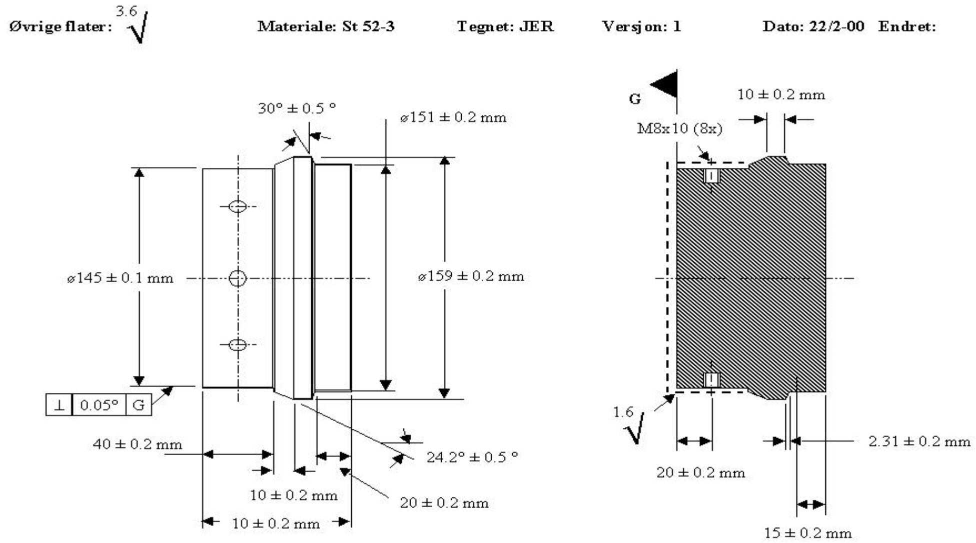




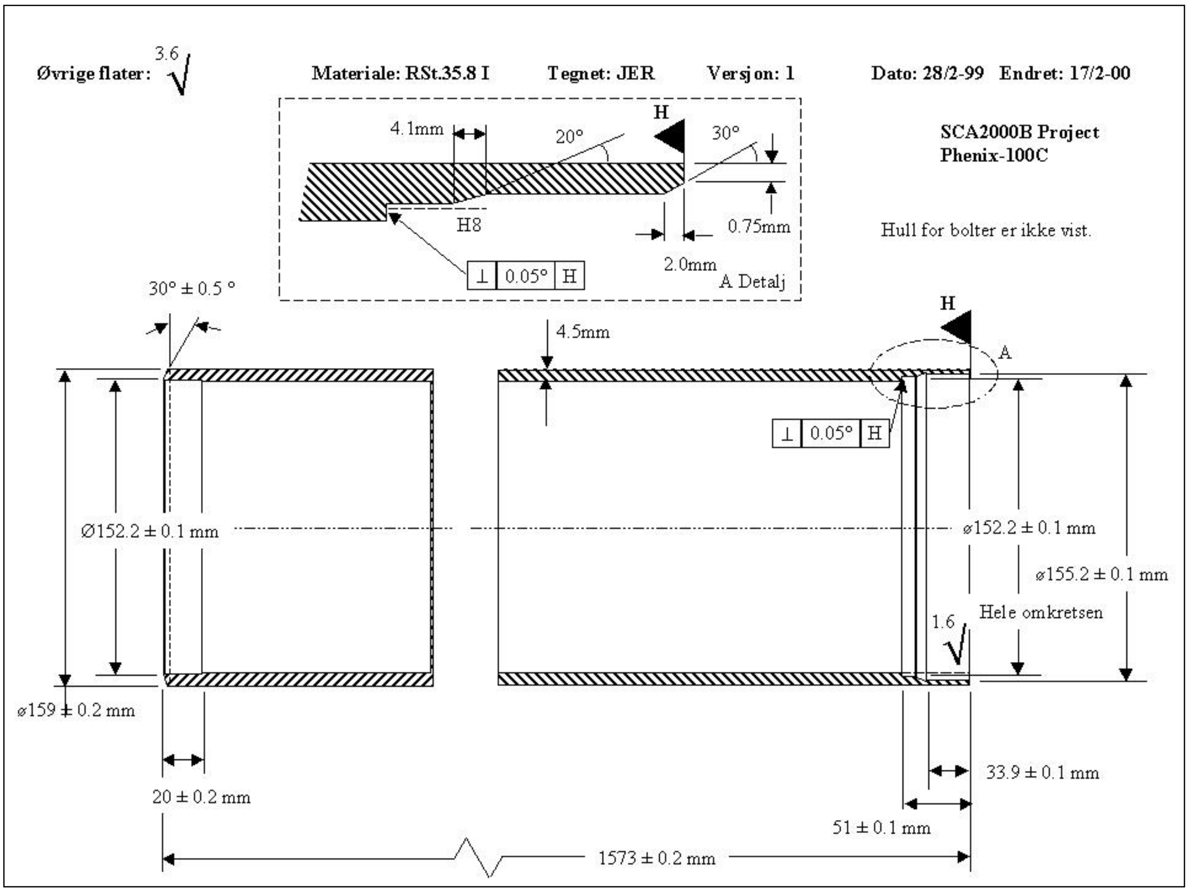
مثال لمخطط صاروخ هاوي



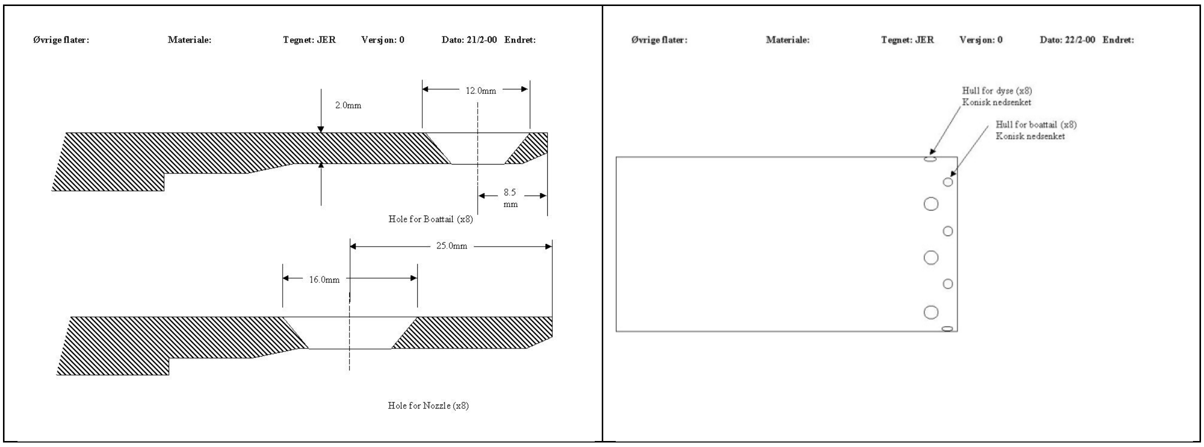
قسم الكتلة النافعة



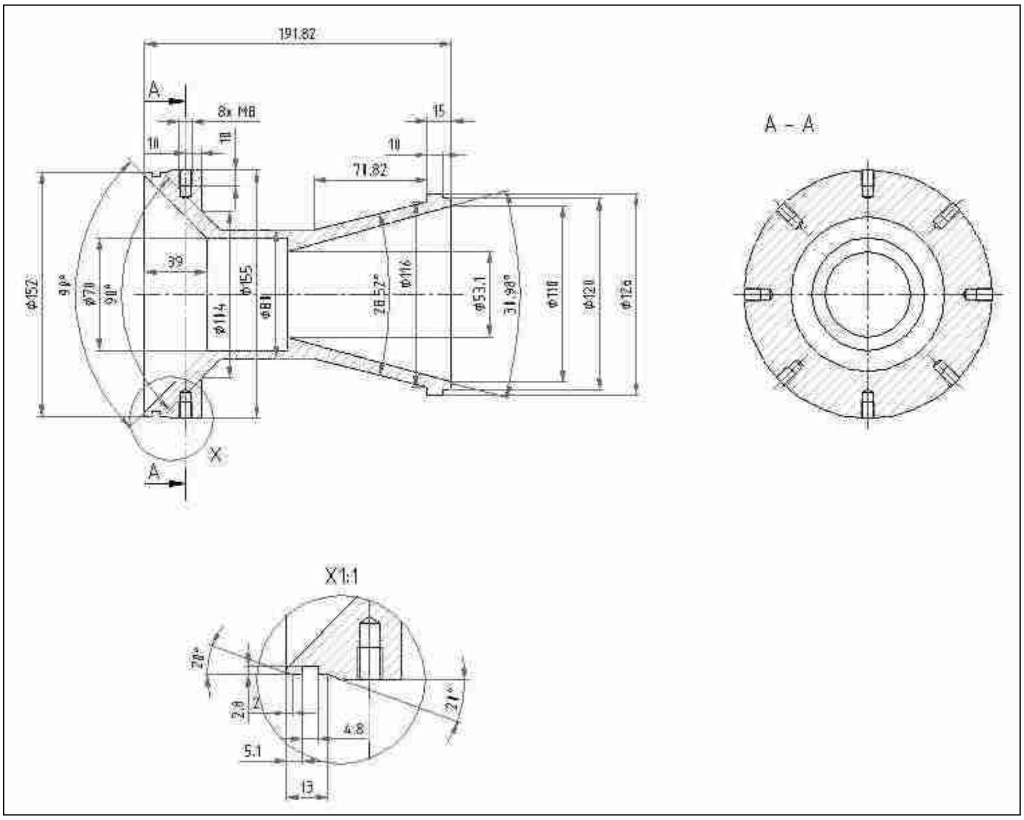
القسم الفاصل مابين المحرك و قسم الكتلة الناقعة



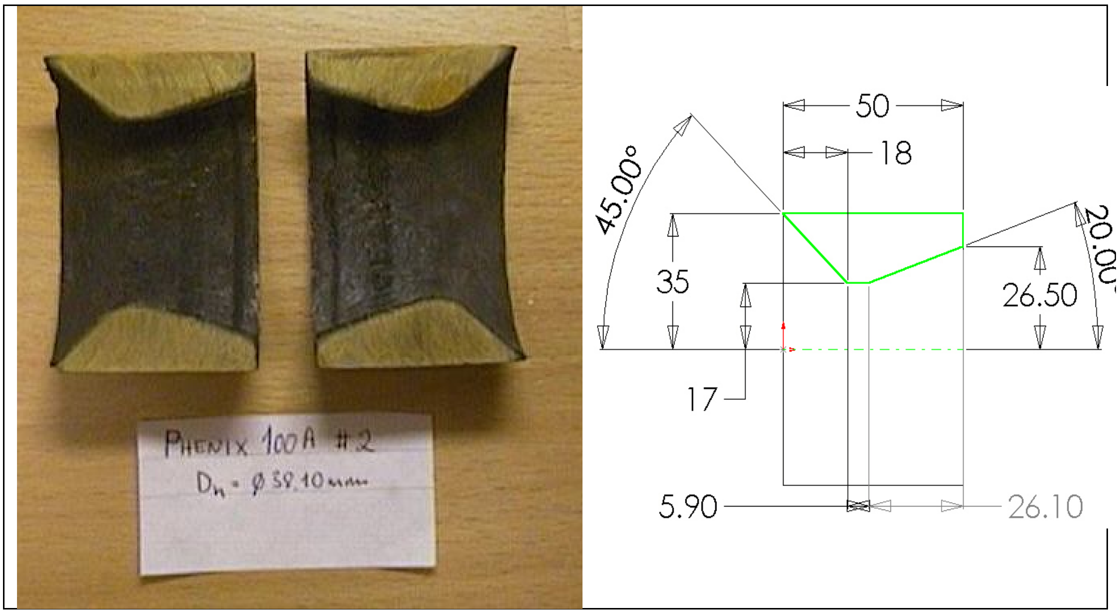
حاوية المحرك



Motor Case Bolt Holes for Nozzle and Boattail



Nozzle design without insert (LD−24C)



Posttest picture of splitted nozzle insert from the Phenix-100B static test.

(Not motor version A)

تصميم صاروخ مداه ٢٠كلم
باستعمال الوقود الهجين

١- إنشاء جهاز لتصنيع أنودات أكسيد الرصاص ، تصنيع أنودات (مصاعد) أكسيد الرصاص . تصنيع جهاز شفط الغازات . تصنيع المواد الأولية اللازمة لتصنيع الوقود الصاروخي وهي بيركلورات الأمونيوم ، تحضير بودرة الألومينيوم . (أنظر ملف تصنيع بيركلورات الأمونيوم).

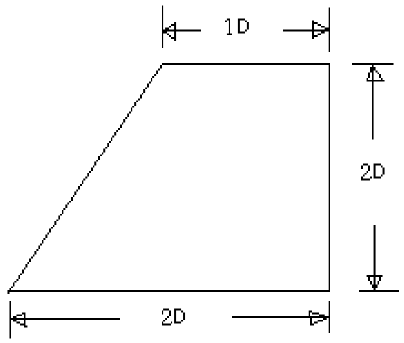
٢- تصنيع الوقود الصاروخي ، اختيار وقود صاروخي من ملف تصنيع الوقود الصاروخي الهجين مناسب حيث ينبغي أن يكون الدفع النوعي يساوي ٢٥٠ثا.

٣- ينبغي إجراء التجارب العملية لمعرفة سمك الأنبوب اللازم لتحمل الضغط المقترح (مع تجهيز جدول كامل بأنواع الأنابيب المتوفرة في السوق بأسماك مختلفة و ما يقابلها من نتائج تجربة Burst test) . ينبغي استعمال أنبوب بسمك متوفر في السوق بحيث لا نحتاج لخراطة خارجية للتقليل من التكلفة و الجهد . يجب معرفة السمك اللازم من أجل تحمل ضغط الأوكسجين المسال أو نتروس أكسيد المسال نستعمل مثلا ضغطا في حدود ٨٠بار مع هامش أمان لتخزين المؤكسد السائل (يمكن أن يصل الضغط الذي يخزن فيه الأوكسجين لغاية ٢٠٠بار) ، نستعمل إن أمكن أنابيب غاز اللحام أو أنبوبة الإطفاء المستعملة للبودرة أو يتم تصنيع حاوية الصاروخ بحيث يكون شكلها من الداخل مشابها لأنبوبة الإطفاء مع إخضاعها للضغط اللازم و تركها للتخزين أو إجراء ضغط عال لتفجيرها مع أخذ هامش للأمان. يقدر في هذه الحال وزن الحجرة الاحتراقية التي ستتحمل ضغطا قدره ٣٥بار (٣٥*١,٥= ٥٢بار هو ضغط Burst pressure).

٤- المطلوب إيصال كتلة نافعة قدرها ١٩كغ إلى مدى أقصاه حوالي ٢٠كلم على زاوية اطلاق ٤٥درجة مستعملا الوقود المذكور أعلاه. (استعمل دائما زاوية إطلاق ٥٢درجة لأنها تعطي في هذا النوع من الصواريخ مدى أكبر). في هذه المرحلة نحاول تصنيع محرك صاروخي تجريبي يولد نفس الدفع العام الذي يولده محرك التصميم الذي يستعمل الوقود الصلب. يمكن الحصول على احتراق ثابت بتصميم نجمة ثابتة في مادة المُرجع في حجرة الاحتراق. يمكن التحكم في زمن الاحتراق بزيادة نسبة المؤكسد الصلب في المادة المرجعة (الوقود) من ٥-٢٥%. كذلك زيادة مساحة الاحتراق أو الضغط بإضافة المادة المؤكسدة السائلة من ٣٠-٥٠بار.

٥- نحاول إيجاد مركز ثقل الصاروخ الأولي حسب الافتراضات الأولية لأبعاد الصاروخ .

٦- نحسب قيمة معامل مقاومة الهواء للصاروخ عند انتهاء الاحتراق و ذلك بإدخال الأبعاد الأولية للصاروخ المقترح (تؤخذ من أمثاله) في برنامج Aerolab حيث طول مقدمة الصاروخ تساوي ٢٢سم قطره ١٤ سم، من النوع Tangent ogive . طول الحاوية ٢٠٠سم قطر النازل ١٣,٤٤ .



تحسب مساحة الجناح على أساس مساحة الشكل السابق ، غير أننا نعدل في عرض الجناح مع المحافظة على المساحة الكلية ثم نعدل أخيرا في مساحة الجناح اللازمة حسب موقع مركز الضغط.

الأجنحة عددها ٤ مكانها ١٣٥,٥٤ سم من المقدمة ، A=٥٣,٤٦سم، B=35.64سم ، C=17.8 ، F=8 سم سمك الجناح هو ١سم و يتم تسنينه بحيث يكون حادا في المقدمة و المؤخرة أي L و T يساويان ٤سم، موقع الاجنحة على بعد ١٣٢ سم من رأس الصاروخ ، أنظر باقي البيانات في ملف Rocket20km-6 تحت المشاريع Project للبرنامج Aerolab

بعد فتح الملف ينبغي تحت settings\conditions\upper mach number إدخال ٣,٨ و ليس ٣ أي نريد معرفة الكبح بعد انتهاء الوقود نفترض الآن تواجد مركز الثقل في ٩٣سم من فوق ، حسب البيانات الأولية المدخلة فإن مركز القوة الأولي يكون عند ١٠٦سم من فوق و الثاني عند ١٣٤ سم من فوق . لنتحصل على قيمة معامل الكبح عند انتهاء الوقود مساويا لـ Cdbo =٠,٣٨ . المهم تصميم شكل مناسب لقراءة الكبح عند نهاية الوقود (هنا ٣,٨ ماغ تم معرفته بإدخال بيانات الصاروخ الأولية في برنامج Launch) فيعطي الافتراض الأول ٠,٣٨ . كلما كان هذا الرقم منخفضا (مع المحافظة على الاستقرار، مركز القوى أبعد بـ ١٤ إلى ٢٨سم من مركز الثقل) كلما احتجنا لوقود أقل لإيصال الكتلة النافعة للهدف المطلوب (لأن الكبح يقل). ينبغي الإشارة هنا إلى أن هذا النوع من الصواريخ يختلف عن أمثاله الذي يستعمل الوقود الصلب حيث أنه بعد انتهاء المؤكسد فإن مركز الثقل يتحرك بشكل واضح إلى الأمام مما يعرض الصاروخ لظاهرة Weathercocking فيجب الانتباه لذلك عند تصميم الأجنحة.

٧- حساب سرعة الصاروخ اللازمة بعد انتهاء الاحتراق لإيصال حمولة نافعة وزنها ١٩ كغ (هي كتلة الصاروخ الإجمالية ناقص كتلة المحرك الصاروخي) إلى الهدف الذي يبعد حوالي ٢٠كلم .

$$V_{prop} = V_B + \Delta V_{boost} + \Delta V_{coast} + \Delta V_{grav}$$

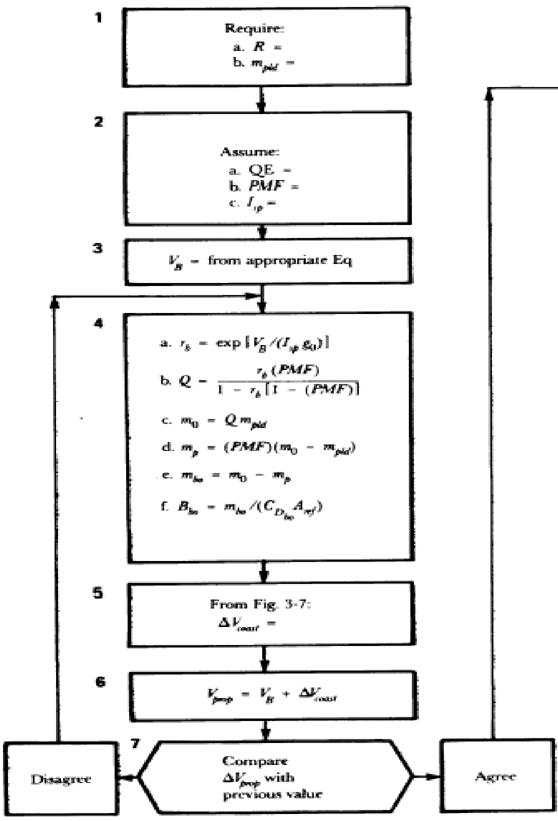
حيث أن Vprop تعني السرعة الكلية اللازمة مع وجود كبح الهواء و تأثير الجاذبية وتحسب بالمتر في الثانية. VB هي السرعة الكلية اللازمة دون أخذ كبح الهواء و تأثير الجاذبية بعين الاعتبار أي كأن الصاروخ يطير في الفضاء و تحسب بالمتر في الثانية. ΔV_{boost} أي السرعة المفقودة أثناء الدفع Boost تحسب و تضاف إلى السرعة الإضافية اللازمة السرعة المفقودة بسبب الجاذبية ، يجب أن تضاف إلى السرعةVB . ΔV_{coast} هي السرعة المفقودةCoast بسبب التأثيرات المذكورة سابقا أثناء الطيران الحر للصاروخ. ΔV_{grav} هي السرعة المفقودة بسبب الجاذبيةGravitation يجب أن تضاف إلى السرعةVB . تحسب السرعة VB كالتالي:

$$V_B = \sqrt{\frac{Rg_0}{\sin(2QE)}} \quad , \text{m/s}$$

حيث أن R هي المدى المطلوب و تساوي هنا ٢٠كلم (٢٠*١٠٠٠م) ، و أن QE تعني زاوية الإطلاق نأخذ هنا قيمة ٥٢درجة لأنها تعطي أكبر مدى ممكن.

بعد تعويض القيم R بـ ٢٠٠٠٠م و g بالـ ٩,٨٠٦٦٥ قيمة تسارع الجاذبية (تؤخذ القيمة الصحيحة حسب البلدان والارتفاعات) .

– نجد أنVB تساوي ٤٤٩,٥٩٥٩ م/ثا.



من أجل إيجاد ΔV_{coast} ينبغي تقديرها من منحنى خاص بعد معرفة بعض البيانات ثم إعادة التدقيق في قيمة ΔV_{coast} بسلسلة من الحسابات و ذلك حسب المخطط السابق.

٢-باستعمال قيمة الدفع ٢٤٠ثا مثلا يمكننا حساب قيمة النسبة rb

و تساوي: rb = exp (449.5959/9.80665x240) =**1.2105** ٣- نحسب

$$Q = \frac{m_0}{m_{pld}} = \frac{r_b(PMF)}{1 - r_b[1 - (PMF)]}$$

حيث تساوي Q= **1.3184**

٤-نحسب قيمة m0 كتلة الصاروخ الأولية $Q = \frac{m_0}{m_{pld}}$ منه m0=١٩كغx 1.3184= **25.0501** كغ

$$PMF = \frac{m_p}{m_0 - m_{pld}}$$

يمكنناحساب الكتلة الأولية للوقود

٥- mp =0.72(25.0501-١٩)= **4.3561** كغ

٦-$m_{bo} = m_0 - m_p$ منه فإن كتلة الصاروخ بعد انتهاء الوقودmbo تساوي 25.0501-4.3561=**20.694**كغ

٧- الخطوة التالية هي حساب Bbo وللقيام بذلك يجب تعيين CDbo و تساوي هنا ٠,٤٨٥ من برنامج Aerolab كما ذكر سابقا كذلك يجب حساب Aref و تساوي هذه الأخيرة (٣,١٤*٠,١٤*٠,١٤)/٤ =٠,٠١٥٣٩٣ منه فإن Bbo تساوي 20.694 كغ / ٠,٤٨٥*٠,٠١٥٣٩=٢٧٧٤كغ/م٢

٨- باستعمال الشكل التالي نتمكن من تدقيق و اقتراب أكثر من القمية الحقيقية لسرعة الصاروخ عند انتهاء الوقود بحساب ΔV_{coast} من الشكل. باستعمال قيمةBbo المحسوبة ، و قيمة VB المحسوبة هنا لنجد من المنحنى أن ΔV_{coast} تساوي ٢٤٠م/ثا.

كيفية القراءة من الجدول : أولا تحديد القيم المطلوبة في كل عملية تدقيق حيث تساوي هنا ٢٧٧٤و ٤٤٩,٥٩ نقوم بالقراءة على محور السينات قيمة ٢٧٧٤

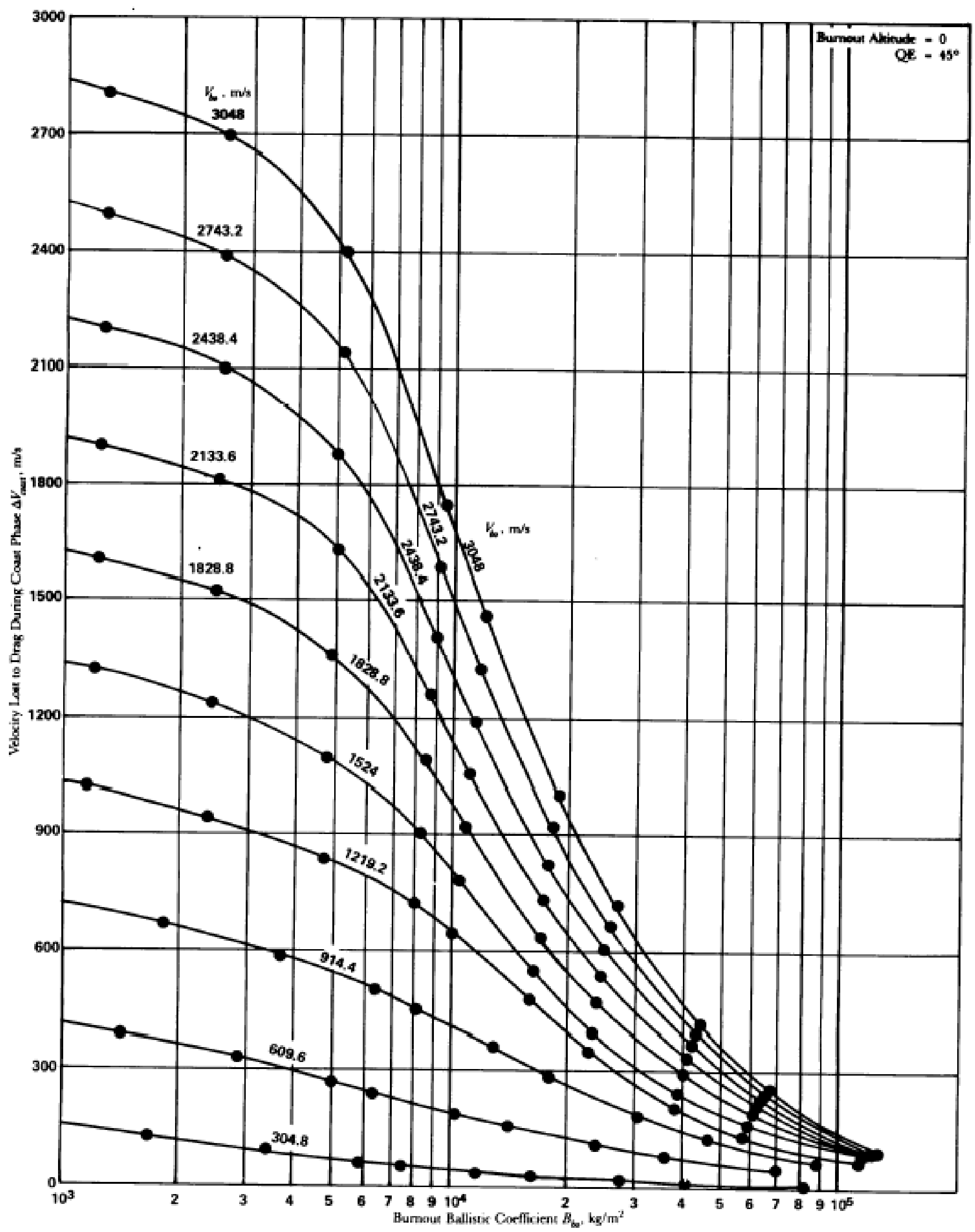


Figure 3-7. Coast Drag Velocity Loss-130-mm Indirect Fire Rocket

نجد أنه مابين الرقم ٢٠٠٠و ٣٠٠٠ . ثم نحدد مكان ٤٤٩,٥٩ مابين المنحنى ٦٠٩,٦ و المنحنى ٣٠٤,٨ صعودا مع قيمة السينات نقدر المكان مابين تلك القيمتين و نضع علامة نستفيد من برنامج PHOTOSHOP إن أمكن لعمل تدريج دقيق وقراءة مقربة . من تلك العلامة نتوجه إلى محور الصادات لنقرأ السرعة المفقودة بسبب الهواء أثناء مرحلة الطيران الحر لنجد تحت الرقم

٣٠٠م/ثا و بالضبط ٢٤٠م /ثا. ينبغي التنويه على إمكانية رسم خطوط مدرجة أكثر للمحور الصادي خاصة.

يصبح لدينا قيمة سرعة الصاروخ اللازمة بعد انتهاء الوقود تساوي في هذه المرحلة

$V_{prop} = V_B + \Delta V_{coast}$ =٤٤٩,٥٩٥٩+٢٤٠=٦٨٩,٥٩٨٢م/ثا

١٢- باستعمال قيمة V_{prop} الجديدة في مكان V_B السابقة نعيد الخطوات ٢-٣-٤-٥-٦-٧-٨ مثلا إعادة حساب r بالقيمة الجديدة لـ V_{prop}

أي: r=exp (689.592/9.80665*240) =1.3404

Q=1.54517

m0=١٩كغx 1.5304=**29.3582**كغ

mp =(١٩-29.0774)0.72=**7.4594**كغ

mbo = 29.0774-7.2557=**21.9**كغ

Aref ٠,٠١٥٣٩٣ =

Bbo =21.9كغ / 0.485*٠,٠١٥٣٩=**2934**كغ/م٢

القيم الجديدة للقراءة من الجدول هي 2934و قيمة 689.5982 لنقرأ قيمة ΔV_{coast} الجديدة هي 375 م/ثا منه تصبح:

$V_{prop} = V_B + \Delta V_{coast}$ =٤٤٩,٥٩٨٢+375=٨٢٣,٥٩٨٢م/ثا

لاحظ إضافة التدقيق الجديد إلى القيمة ٤٤٩,٥٩٨٢ و ليس 689.5982.

نقوم بمقارنة القيمة الجديدة ٨٢٣,٥٩٨٢م/ثا مع القيمة 689.5982م/ثا القديمة لنجد أنهما لا يتساويان فنستمر في عملية التدقيق.

١٣- نلاحظ أن قيمة V_{prop} الجديدة بعد إجراء تلك الخطوات لديها زيادة عن قيمة V_{prop} التي سبق أن حسبناها فنعيد الخطوة ٩ أي إعادة إجراء الخطوات من ٢ إلى الخطوة ٨ و نقارن قيمة V_{prop} الجديدة مع قيمة V_{prop} السابقة فإذا تساويتا تكون القيمة الصحيحة هي المستعملة في الخطوات التالية. بعد عملية التدقيق التاسعة نجد القيم التالية:

V_{prop} = ٤٤٩,٥٩٨+٨٢٩,٦١=١٢٧٩,٢١٨ م/ثا .r = ١,٧٢٢ ،

Q =٢,٣٩٤٥ ، m0 =٤٥,٤٩٥٨ كغ ، mp =١٩,٠٧٧كغ ، mbo=٢٦,٤١ ،Bbo =٣٥٣٩ .

١٤- نفترض من بعض الصواروخ أن G تساوي 60 و هي التسارع الذي يخرج به الصاروخ من القذف.

$F_1 = G m_1 g_1,\ N.$ منه G*g* m0= F

F=60*٩,٨٠٦٦٥*٤٦,٤٩٥٨=٢٧٣٥٨,٠٨نيوتن نقارن هذه القيمة مع البيانات العملية لتجريب المحرك ، و ضبط النقص أو الزيادة.

كذلك يمكن أخذ قيمة أخرى للمقارنة وهي G=45 و بالتالي يكون Fيساوي ٢٠٥١٨,٥٦ نيوتن.

كذلك محاولة استخلاص قيمة G من التجارب عند حساب C*. $\dot{m} = F_B/(I_{sp}g_0),\ kg/s$ منه $\dot{m}$ =٢٧٣٥٨,٠٨\٢٤٠*٩,٨٠٦٦٥=11.624كغ/ثا.

أما $\dot{m}$ الخاصة بقيمة G=45 فتساوي =8.718 $\dot{m}$ كغ/ثا.

$t_b = m_p/\dot{m},\ s.$ منه t_b =١٩,٠٧٧/١١,٤٣٦=١,٦٧ثا

أما زمن احتراق الوقود في حالة كون G=45هو ٢,١٩ ثا.

١٥- نحسب قيمة G* t_b=٦٠*١,٦٧=١٠٠,٠٩ نأخذ هذه القيمة مع قيمةBbo =٣٥٣٩ لنجد أن $\Delta V_{boost}/t_b$ = ٣٠ من المنحنى التالي حيث يصبح ΔV_{boost}=٣٠*١,٦٧=٥٠,١م /ثا.

الفقدان في السرعة بسبب الجاذبية ΔV_{grav} يساوي :

ΔV_{grav} = sin45°* ١,٦٧ثا * ٩,٨٠٦٦٥ =١١,٥٨م /ثا لا تأثير في حالة G=45.

و بالتالي تصبح السرعة القصوى التي يجب أن يصلها الصاروخ هي :

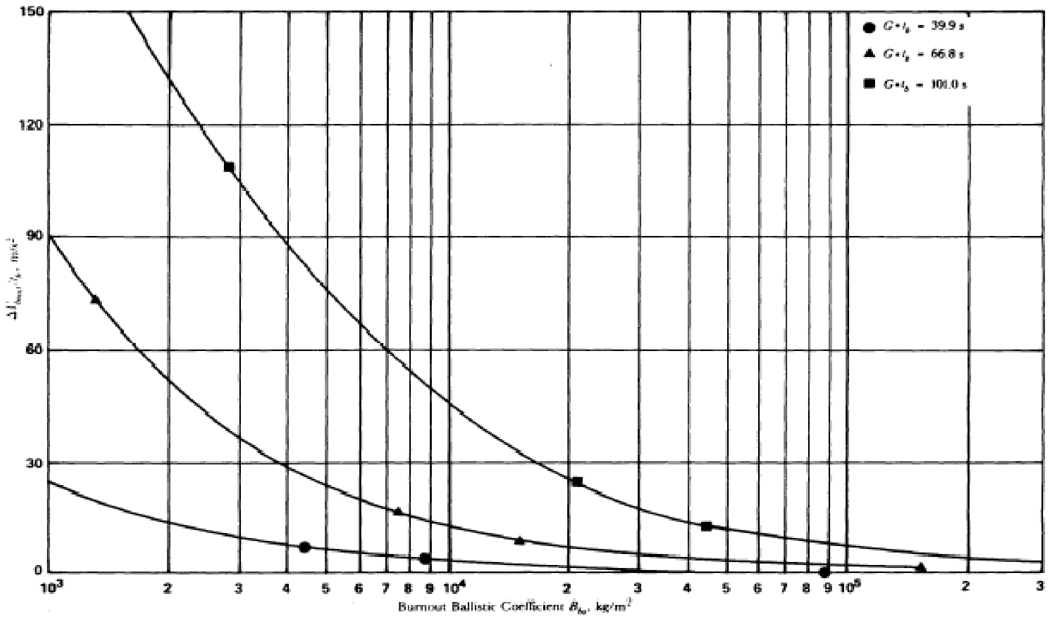


Figure 3-8. Boost Drag Velocity Loss-Indirect Fire Rocket

V_{prop} =٤٤٩,٥٩٨+٨٢٩,٦١ +٥٠,١+ ١١,٥٨ =١٣٤٠,٨٨م/ثا

يجب أن نعيد حساب القيم السابقة على أساس قيمة V_{prop} الجديدة:

r=١,٧٦٧ ، Q= ٢,٥١٩ ، m0= ٤٧,٨٦ كغ ، mp =٢٠,٧٨كغ، Bbo =٢٧٨٥,٥٢

F=٦٠*٩,٨٠٦٦٥*٤٧,٨٦=28160.77نيوتن

أما كون G=45 فإن F =٢١١٢٠,٥٨ نيوتن

$\dot{m}$ =28160.77\٢٤٠*٩,٨٠٦٦٥=11.96كغ /ثا

القيمة الثانية لـ $\dot{m}$ للمقارنة=٨,٩٧٣٥كغ/ثا

t_b =20.78\11.96=1.74ثا

أو تساوي عند G =45 ، t_b =٢٠,٧٨\ ٨,٩٧٣٥=٢,٣١ثا

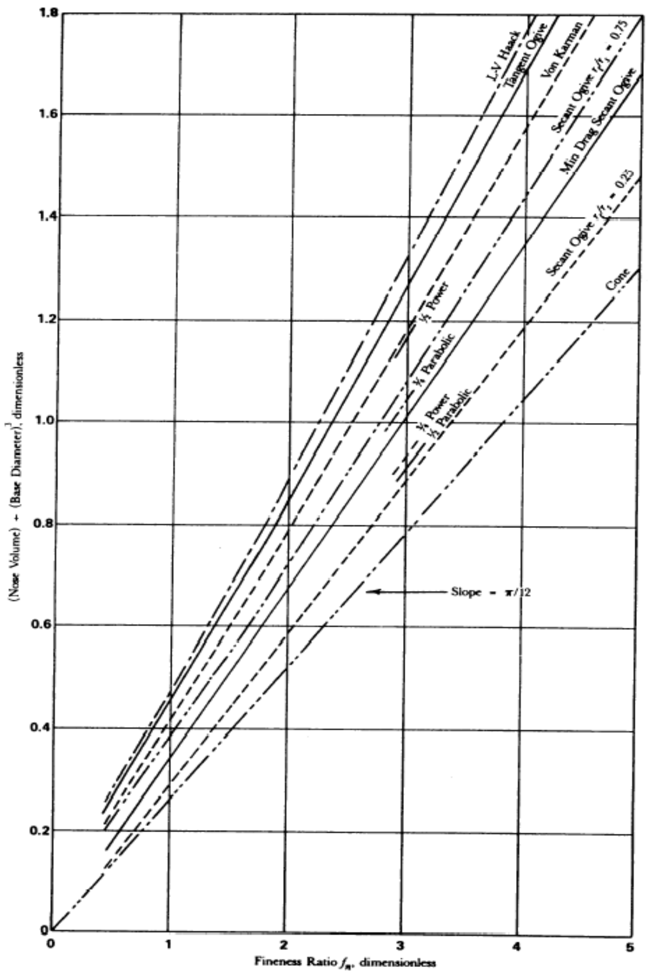
نعيد إدخال هذه البيانات في البرنامج Launch لنتحصل على قيم I الكلية و المدى وزمن الوصول للهدف . و تقارن مع تجارب المحرك الصاروخي .

١٦- تؤخذ كثافة الجزء الذي يعلو المحرك أي الكتلة النافعة (مقدمة، المتفجرات و حاوية المتفجرات) بالقيمة ٢٧,٦٨كغ/م٣ منه حجم الكتلة النافعة هي وزن الكتلة النافعة/كثافته و تساوي ٢٧,٦٨\١٩=٠,٠٠٦٨٦م٣

آخذين بعين الاعتبارأن نسبة طول الكتلة النافعة على قطره $(\ell_N/d = 3)$ يساوي ٣

$$\frac{\ell_N}{d} = \sqrt{c - 0.25}, \text{ dimensionless.}$$

حيث أن c هو قطر الصاروخ لكن بإمكاننا قراءة نسبة حجم المقدمة على القطر ويساوي ١,٢٦٣ من الرسم التالي:

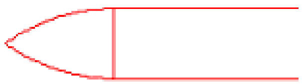


منه فإن حجم Vnose=1.263(0.14)(0.14)(0.14)=0.003465

Vnose– Vref=Vcyl =٠,٠٠٦٨٦–٠,٠٠٣٤٦٥=٠,٠٠٣٣٩٥م٣

و بالتالي فإن طول حاوية الكتلة النافعة هي: $l_{cyl} = \frac{4V_{cyl}}{\pi d^2}$ و تساوي ٠,٢٢م

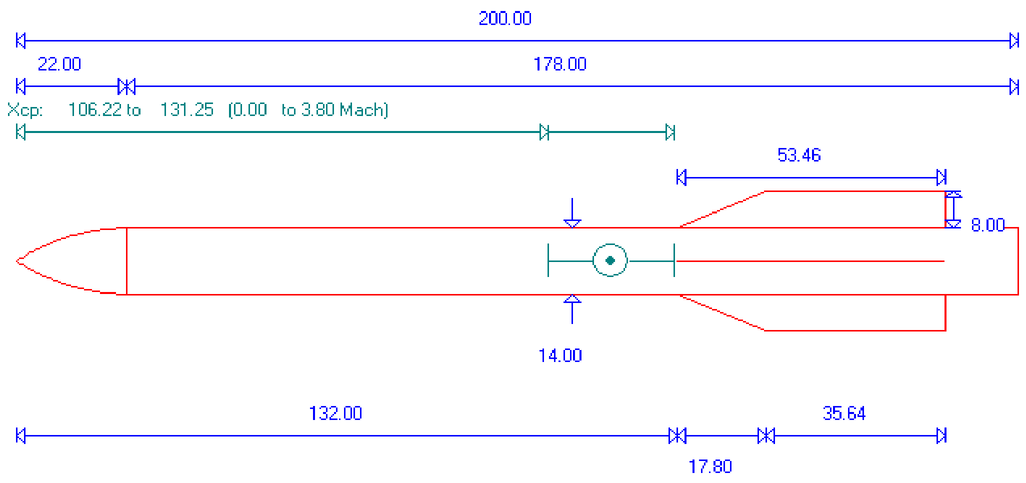
بما أننا أخذنا نسبة طول المقدمة l_N على القطر تساوي ٣ و l_N يساوي ٣*٠,١٤=٠,٤٢م لهذا فإن الطول الكلي للرأس المتفجر (أي شئ إلا المحرك) يساوي



٠,٢٢+٠,٤٢= ٠,٦٤م

منه نسبة طول الكتلة النافعة على القطر تساوي ٠,٦٤/٠,١٤=٤,٥٧

نحاول انقاص معامل كبح الهواء كما ذكر بالتقليل من مساحة و سمك الجناح مع إجراء مقدمة و مؤخرة الجناح حادتين ، كل ذلك مراعاة مع موضع مركز الضغط من مركز الثقل. ينبغي الحصول على معامل الكبح ٠,٣٨ عند نهاية الوقود مثلا عند ماغ ٣,٨.



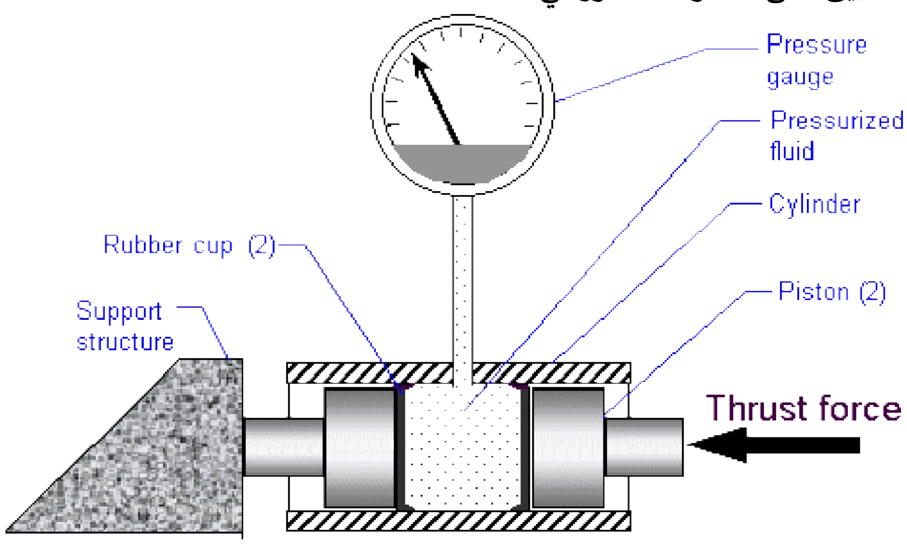
All Dimensions are: cm

هذا تصميم لصاروخ كبح الهواء لديه عند انتهاء الوقود يساوي ٠,٣٨.

١٦–يجب معرفة طول المحرك و ذلك بعد رسم النازل اللازم (ارجع إلى الملف الخاص بالمحرك الصاروخي) كذلك ينبغي حساب حجم الوقود مع حجم التجويف حيث يحصل الاحتراق . ينبغي حساب مساحة الاحتراق Ab حيث تساوي مساحة الاحتراق= $\dot{m}$ \ ρ_p .r ، حيث أن ρ_p هو كثافة الوقود. نجد أن مساحة الاحتراق **Ab** = ١٨٢١,٧١١,٩٦كغ/م٣ * ٠,٠٠٦٨٥م/ثا

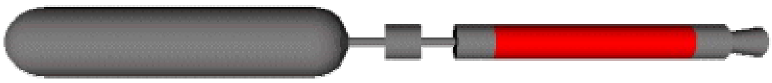
=٠,٩٥٨٤م٢ . أما في حالة كون G=45 فإن مساحة الاحتراق اللازمة هي Ab = ٠,٧١٩١٤م٢.

١٧-إجراء تطبيق على المحرك الصاروخي:

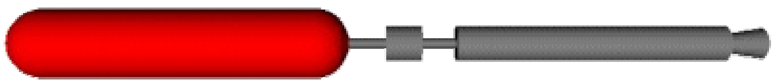


يتم إجراء اختبارات استاتية ، نغير في ضغط خروج المؤكسد مع المحافظة على كمية واحدة للوقود و محاولة الحصول على زمن انحسار أكبر مع عدم السماح لضغط الحجرة الاحتراقية بالارتفاع كثيرا . كذلك الحال مع مساحة الاحتراق أو التغيير في تركيبة الوقود بإضافة بودرة الألومينيوم. نراقب الدفع الناتج كل مرة و نحاول الحصول على الدفع الثابت المطلوب في التصميم و زمن الاحتراق.

١٨-أقسام الصاروخ:

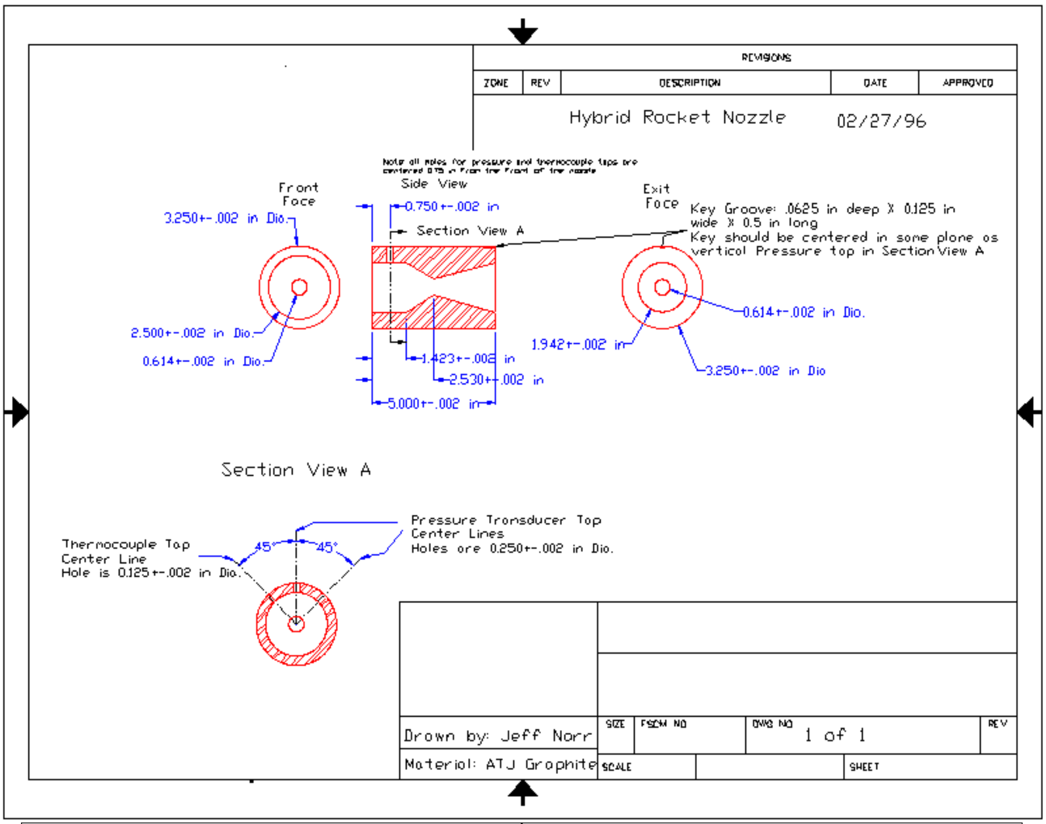


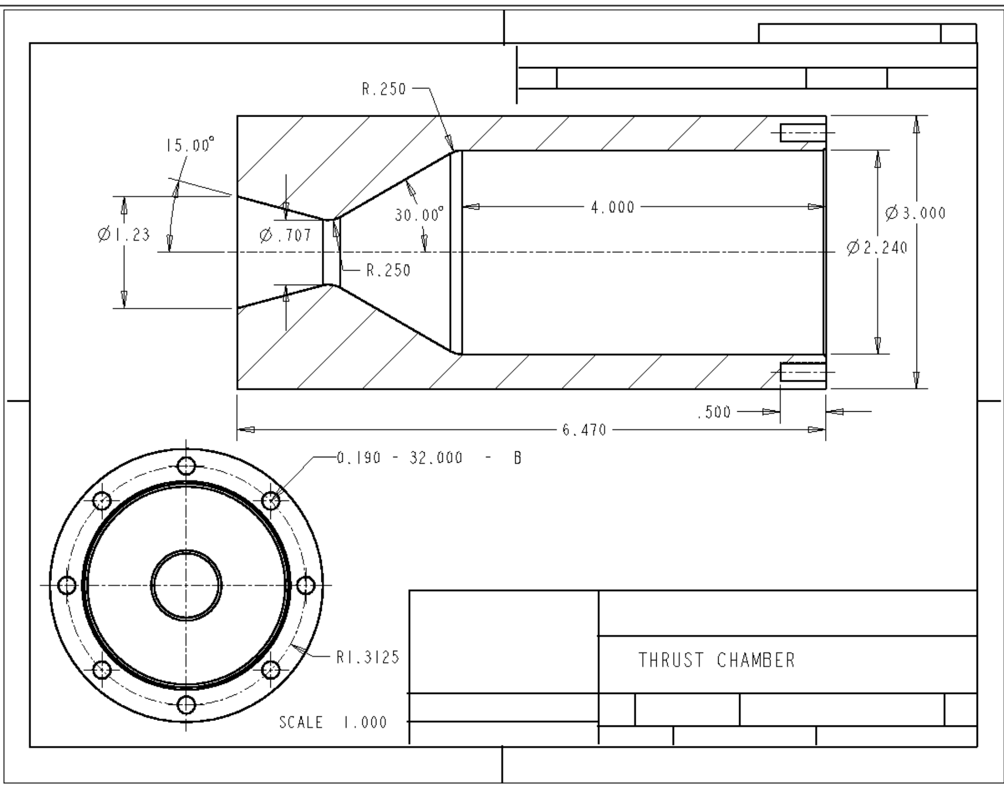
يمثل الجزء الأحمر مكان تواجد المادة المرجعة (أنظر ملف تصنيع الوقود الهجين Hybrid propellant)

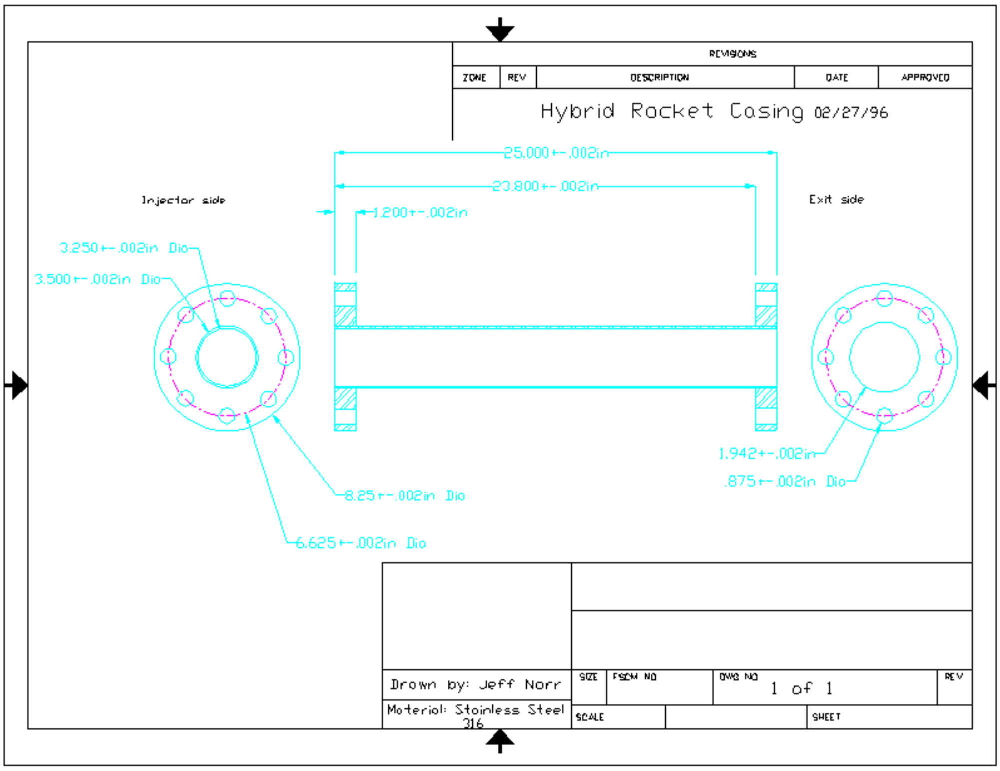


بينما يمثل هذا مخزن المؤكسد السائل.

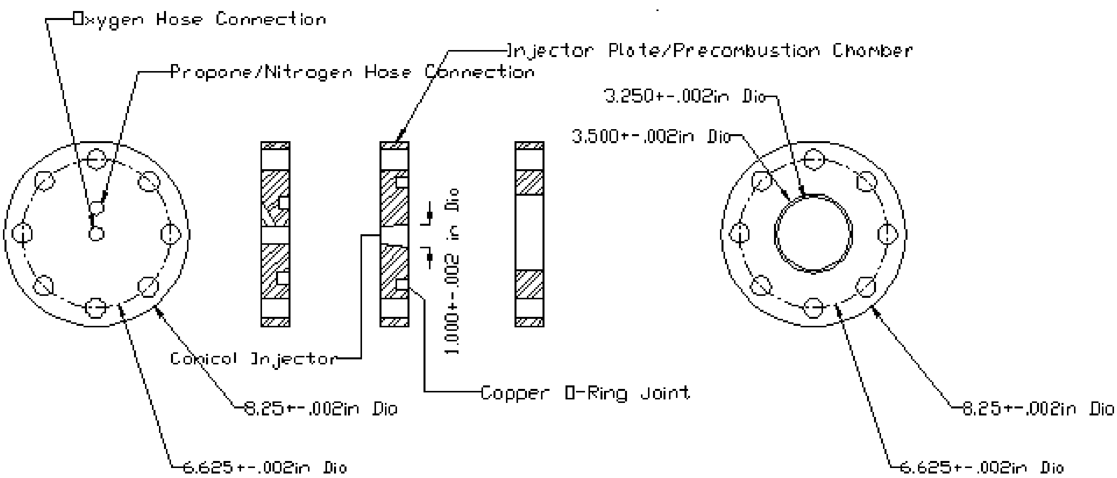
هذه بعض الرسومات:



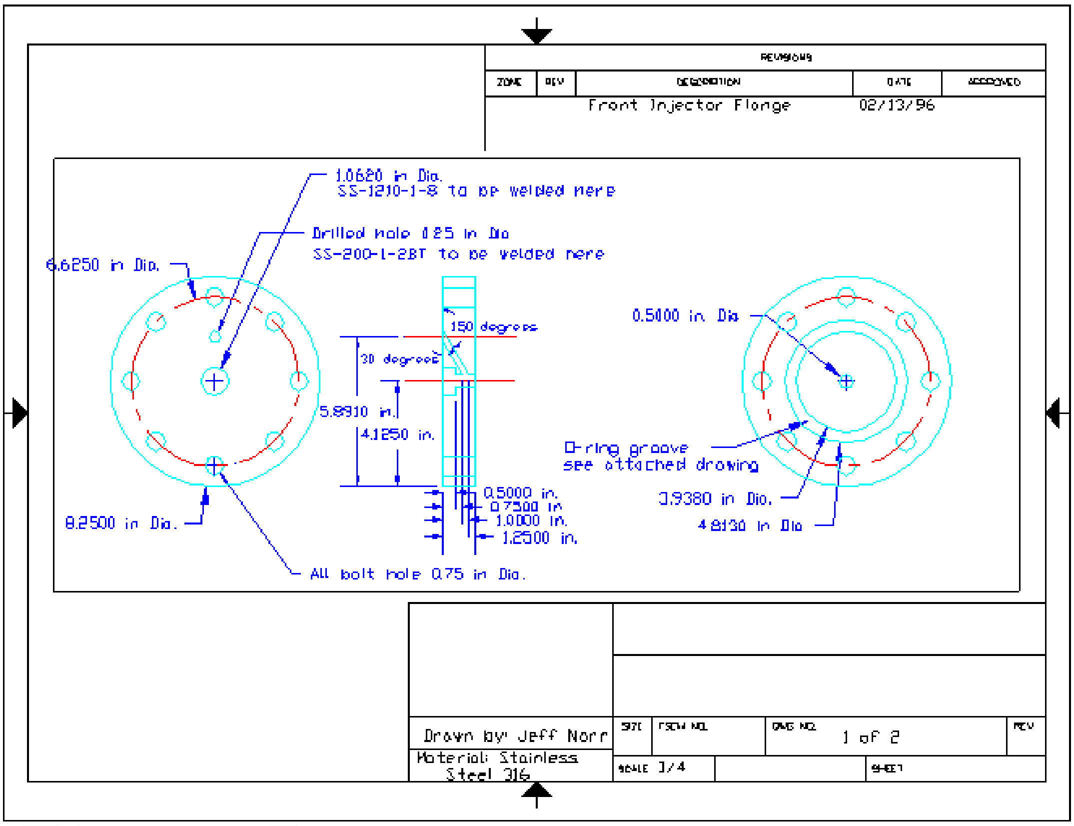


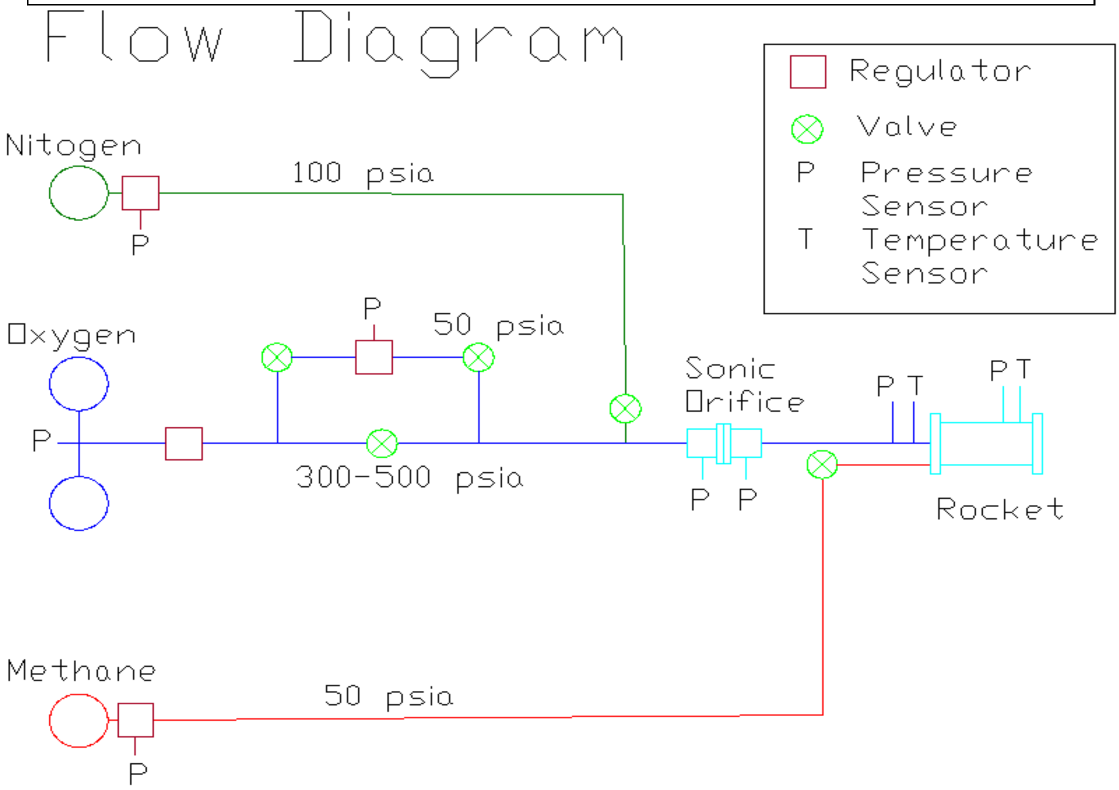


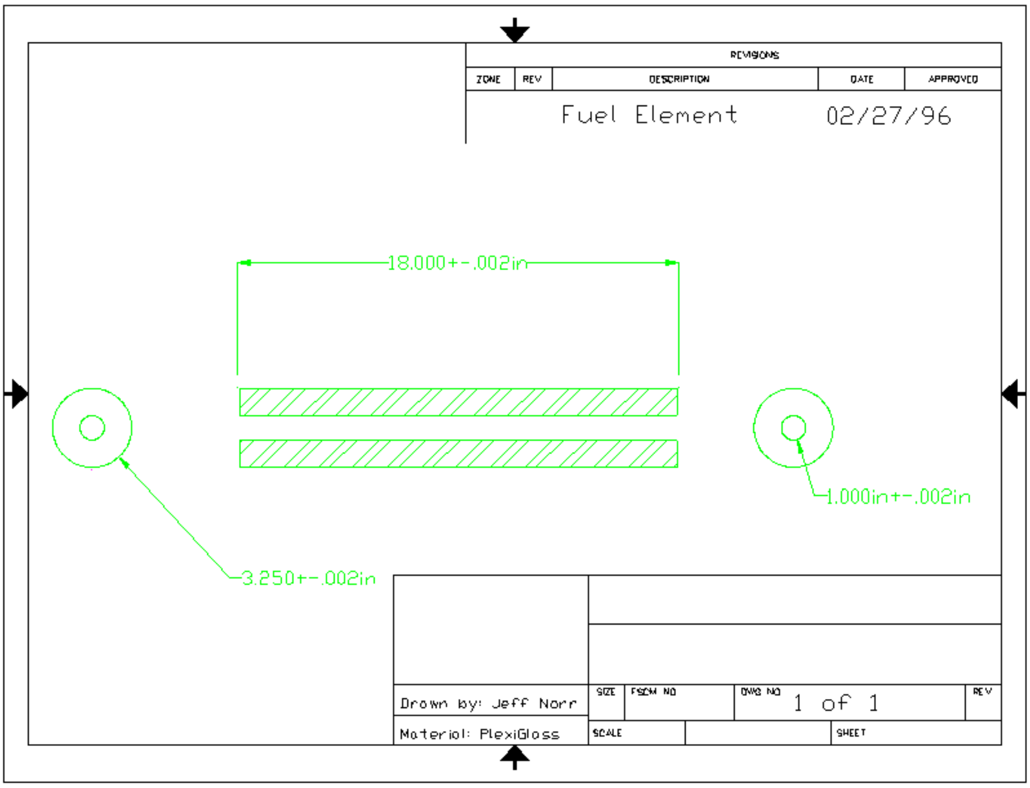
Front Flange Connection/Injector Port
Material: Stainless Steel 316

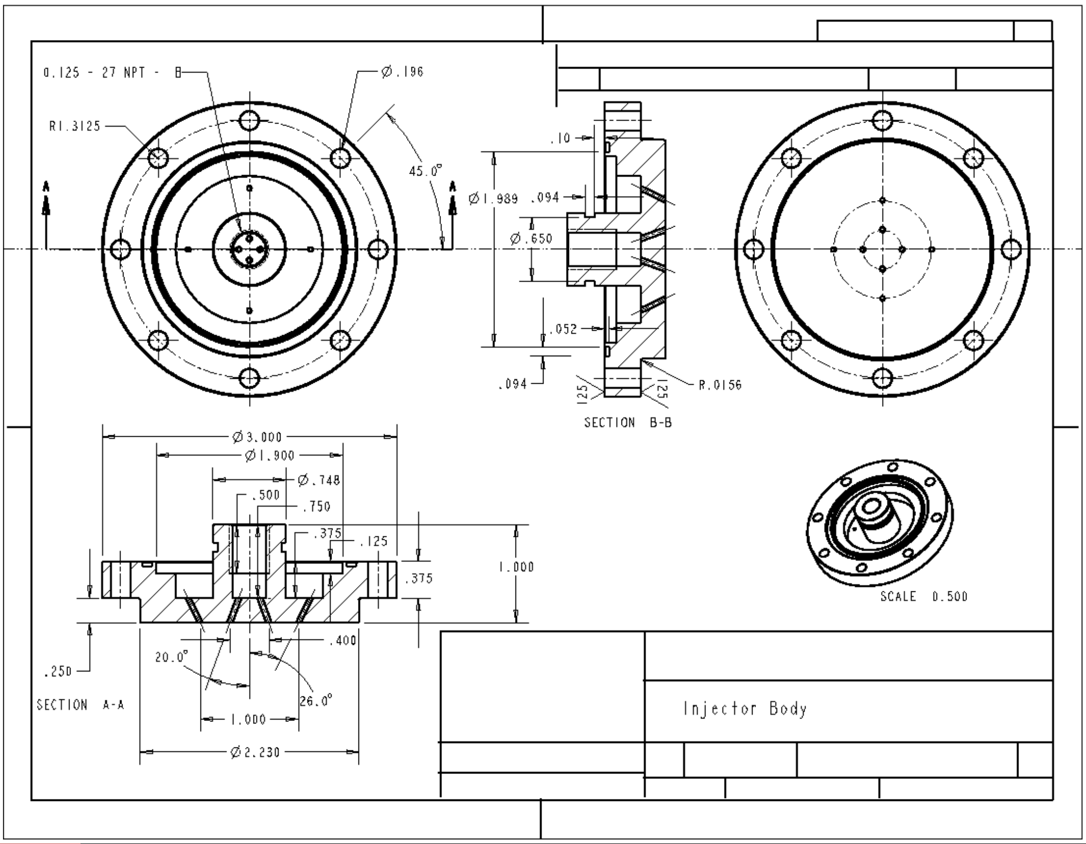


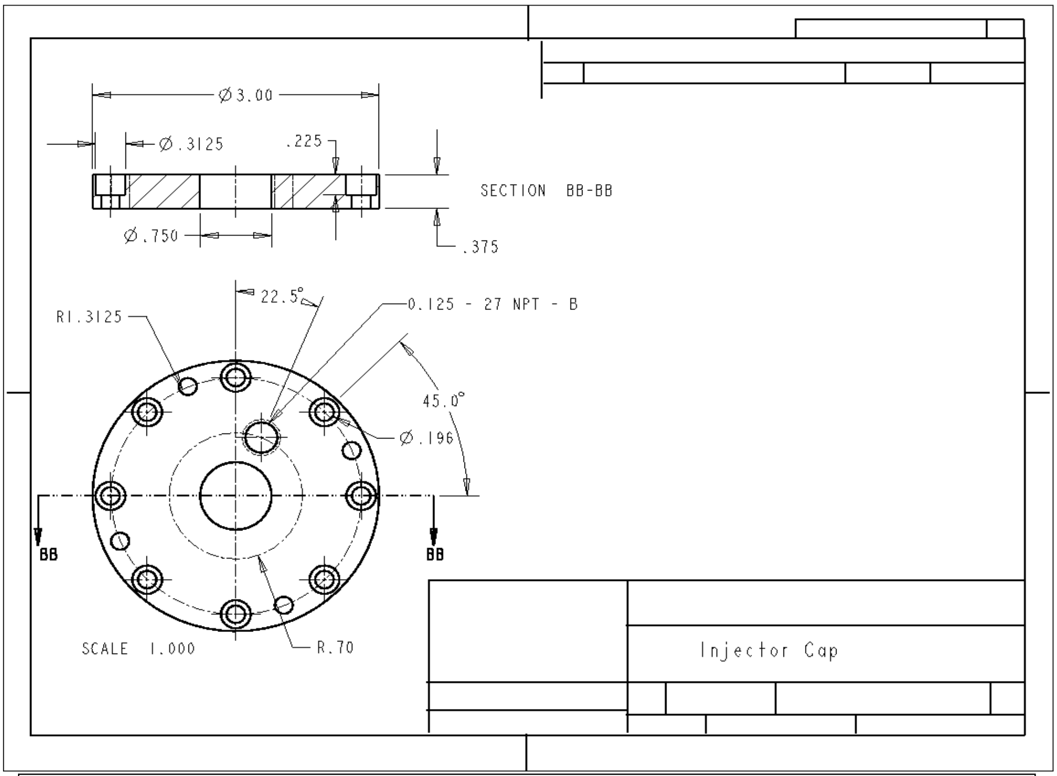
Drawn by: Jeff Norr
Date : 12/06/94
Scale : 1 inch = 75 units
1/4.63 on 8.5x11 paper

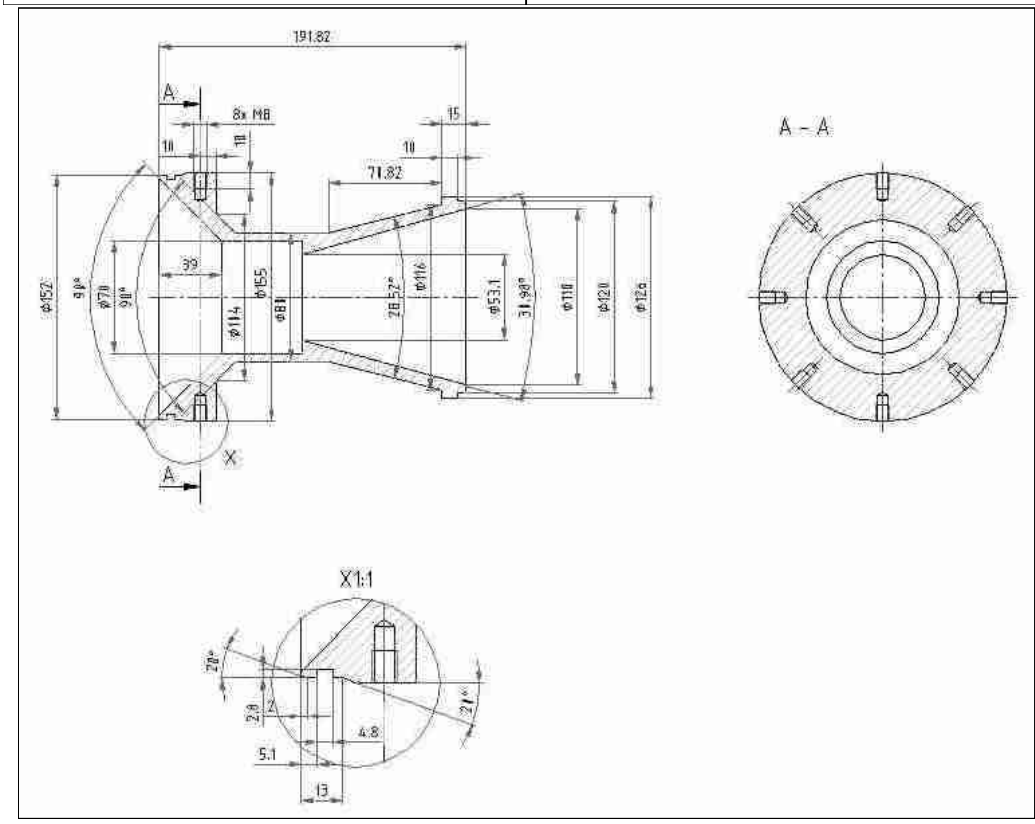

REVISIONS
ZONE
REV
DESCRIPTION
DATE
APPROVED
Front Injector Flange
02/13/96
1.0620 in Dia.
SS-1210-1-8 to be welded here
Drilled hole .125 in Dia
SS-200-1-2BT to be welded here
6.6250 in Dia.
150 degrees
30 degrees
0.5000 in. Dia
5.8910 in.
4.1250 in.
O-ring groove
see attached drawing
8.2500 in Dia.
0.5000 in.
0.7500 in
1.0000 in.
1.2500 in.
3.9380 in Dia.
4.8130 in Dia
All bolt hole 0.75 in Dia.
Drawn by: Jeff Norr
Material: Stainless Steel 316
1 of 2
SCALE 1/4
SHEET

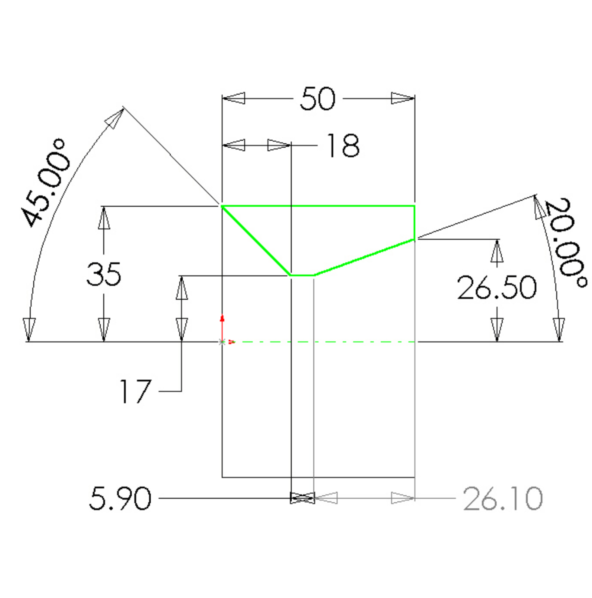

Flow Diagram
Regulator
Valve
P Pressure Sensor
T Temperature Sensor
Nitogen
P
100 psia
Oxygen
P
P
50 psia
300-500 psia
Sonic Orifice
P P
P T
P T
Rocket
Methane
50 psia
P


REVISIONS
ZONE
REV
DESCRIPTION
DATE
APPROVED
Fuel Element
02/27/96
18.000+-.002in
1.000in+-.002in
3.250+-.002in
Drawn by: Jeff Norr
Material: PlexiGloss
SIZE
FSCM NO
DWG NO
1 of 1
REV
SCALE
SHEET


0.125 - 27 NPT - B
Ø.196
R1.3125
45.0°
Ø1.989
.094
Ø.650
.10
.052
.094
.125
.125
R.0156
SECTION B-B
Ø3.000
Ø1.900
Ø.748
.500
.750
.375
.125
.375
1.000
.400
20.0°
26.0°
.250
SECTION A-A
1.000
Ø2.230
SCALE 0.500
Injector Body


Ø3.00
Ø.3125
.225
SECTION BB-BB
Ø.750
.375
22.5°
0.125 - 27 NPT - B
R1.3125
45.0°
Ø.196
BB
BB
SCALE 1.000
R.70
Injector Cap


191.82
A
8x M8
15
10
71.82
A - A
39
X
A
X1:1
4.8
5.1
13



Posttest picture of splitted nozzle insert from the Phenix−100B static test.

(Not motor version A)

فهرس الموضوعات والمحتويات المهمة

الموضوع	رقم الصفحة
• إهداء	أ
• مقدمة عامة	ب
• بين يدي الكتاب	ج
• تعريف عام بالمتفجرات	١
لمحة تاريخية	٢
سلاح الهندسة	٤
مقدمة عامة	٦
تعريف المتفجرات	٧
الفرق بين المركبات الكيميائية والخلائط الفيزيائية	٨
أنواع الانفجار	١٢
التفاعل الكيميائي للمتفجرات	١٣
المميزات العملية للمواد المتفجرة	١٤
تعريفات ومصطلحات ومميزات للمواد المتفجرة	١٦
اختبار المواد المتفجرة	٢٠
اختبار بلوك الرصاص (ترازول)	٢١
الآثار الناتجة عن الانفجار	٢٤
العوامل المؤثرة في الانفجار	٢٨
معادلات التفجير	٣٠
قواعد الأمان في التعامل مع المتفجرات	٣٢
• المواصفات العامة لاختيار المواد المتفجرة وتصنيفها	٤٠
الفرق الكيميائي بين المتفجرات القوية والضعيفة	٤٥
أسماء وخصائص المتفجرات البادئة	٤٨
أسماء وخصائص المتفجرات المنشطة او المضخمة	٥٥
أسماء وخصائص المتفجرات ضعيفة الحساسية	٦٧
المتفجرات السائلة	٧٤
المتفجرات الدافعة والحارقة	٨٣

الخلائط المتفجرة	٨٧
جداول لمواصفات وخصائص بعض المواد المتفجرة ومقارنات بينها	٩٠
• سلسلة التفجير	٩٧
الموجة الانفجارية وتحتوي على مقدمة وصور	١٠٥
خصائص الموجة الانفجارية	١١١
• وسائط التفجير	١٢١
١ – الصواعق	١٢١
أنواع الصـواعق	١٢٣
أولاً : من حيث نوع الأنبوب:	١٢٣
ثانياً : من حيث آلية تفجيره:	١٢٣
ثالثا : من حيث التركيبة الداخلية	١٢٨
رابعاً : من حيث كعب الصاعق:	١٣٠
خامساً : من حيث المدة الزمنية:	١٣٠
الصواعق الكهربائية:	١٣٢
الصواعق الغير كهربائية	١٣٥
أجزاء الصاعق	١٣٧
طرق تفجير الصواعق المشاعل المواسير	١٣٨
أولاً : المشاعل الميكانيكية	١٣٨
المشاعل الكهربائية	١٥٠
أشهر الصواعق في خراسان	١٥٤
بنسة الصاعق M2	١٥٦
كيفية قص الصاعق الكهربائي:	١٥٧
خطوات فحص الصواعق الكهربائية	١٦٠
القواعد العامة في استخدام الصواعق	١٦٢
كيفية صناعة صاعق شعبي اشتعالي بالصور	١٦٥
كيفية صناعة صاعق كهربائي بالصور	١٦٨
آلة أمان للصاعق	١٧١
منهجية تدريس وحدة الصواعق	١٧٣
٢ – الفتائل	١٧٤

ولاً : الفتيل الاشتعالي:	١٧٤
خصائص الفتيل الاشتعالي	١٧٤
أقسام الفتيل الاشتعالي :	١٧٦
ولاً : الفتيل الاشتعالي البطئ ومميزاته	١٧٧
مميزات الفتيل السريع	١٧٨
الفتيل الاشتعالي اللحظي	١٧٩
طريقة إشعال الفتائل الاشتعالية:	١٨٠
صناعة فتيل بطئ شعبي:	١٨١
توصيلات الفتائل الاشتعالية	١٨٢
انياً : الفتيل الانفجاري:	١٨٤
مميزات الفتيل المتفجر	١٨٥
بعض أنواع من الفتائل المتفجرة	١٨٧
أقسام الفتيل الانفجاري:	١٨٨
توصيلات الفتائل الانفجارية	١٨٩
تقسيم آخر لتوصيلات الفتائل بالفتيل الصاعق	١٩٦
إرشادات هامة وعامة في كل التوصيلات	١٩٧
مخطط هيكلي لمهمات مجموعة تفجير شبكة الفتائل	١٩٨
صناعة فتيل متفجر بطريقة شعبية بالصور	١٩٩
ملاحظات	٢٠١
منهجية تدريس هذه الوحدة	٢٠٢
كهرباء المتفجرات	٢٠٣
تعريفات	٢٠٣
٣- الاسلاك (ناقل التيار)	٢٠٥
توصيلات الاسلاك	٢٠٧
الفرق بين التوصيلات	٢١٠
ملاحظات	٢١١
قانون أوم	٢١٢
حساب الشبكات الكهربائية	٢١٧
٤- المنابع الكهربائية	٢١٨

كيفية صناعة ميناتور تفجير عمليا بالصور	٢٢١
كيفية الحصول على فولت عالي او تيار كبير	٢٢٤
ملاحظات عند التوصيل	٢٢٧
ساعة الفحص الآفوميتر	٢٢٩
دائرة الأمان	٢٣٢
أمن اعداد الدائرة الكهربائية	٢٣٨
دوائر التفجير النارية	٢٤٣
تشكيلة التفجير الكهربائي	٢٤٥
تثبيت الصواعق بالحشوات	٢٤٩
فشل التفجيرات الكهربائية	٢٥١
الكترونيات المتفجرات	٢٥٤
المقاومة	٢٥٤
الثايرستور	٢٥٦
دائرة التفجير بساعة اليد الرقمية	٢٥٨
دائرة التفجير بالجوال	٢٦٠
٥ – الحشوات	٢٦٢
أنواع الحشوات	٢٦٢
من حيث وضعيتها:	٢٦٢
من حيث الإستعمال:	٢٦٣
من حيث الشكل:	٢٦٤
الحشوة المثلثية او السرجية	٢٦٧
الحشوة الماسية (المعينية)	٢٦٨
العوامل المؤثرة على حساب الحشوات	٢٦٩
اختيار الحشوة وحسابها:	٢٧٠
الحشوة الجوفاء	٢٧٢
تأثير البطانة المعدنية:	٢٧٦
تقسم الحشوات الجوفاء العسكرية حسب استخدامها:	٢٧٨
حسابات الحشوة الجوفاء:	٢٨٠
العوامل المؤثرة في زيادة فاعلية الحشوة الجوفاء	٢٨٣

• **انطلاقات للتحكم في العبوات**	٢٨٨
العوامل المؤثرة على قوة الموجة الانفجارية	٢٨٨
اولا: التأثير على الشروط الابتدائية	٢٨٩
ثانيا: التحكم بشروط العبوة وظروفها الخارجية (الوسط-الهدف)	٢٩١
البطانة	٢٩٢
نوع المادة المتفجرة	٢٩٨
تثبيت العبوة والمسافة بين قاعدة الحشوة وسطح الهدف	٣٠٢
تشكيل الحشوة	٣٠٣
الصاعق ووضعه	٣٠٤
تعبئة الحشوة	٣٠٥
توزيع الحشوة	٣٠٦
الدوران	٣٠٦
الحشوة المساعدة	٣٠٦
الشظايا	٣٠٧
الكابح	٣١١
التوجيه	٣١١
التمويه	٣١٦
اضافة مواد لزيادة فعالية العبوة	٣١٦
آلية التفجير	٣١٧
• **العبوات عملًيا**	٣١٩
خطوات إعداد عبوة متفجرة :	٣١٩
أولا : تحديد الهدف :	٣١٩
ثانيا : تحديد أنسب ظرف لوضع العبوة مكانا وزمانا واسلوبا :	٣٢٠
ثالثا : تجهيز العبوة .	٣٢١
تعريف العبوات:	٣٢٢
استخدامات العبوات	٣٢٢
أنـــواع العبـــــوات	٣٢٣
ُولاً العبوات المضادة للدروع:	٣٢٣
العبوات الصحنية	٣٢٣

العبوات الجوفاء المضادة للدروع	٣٢٧
انياً : العبوات المضادة للأفراد:	٣٣١
العبوة الاسطوانية	٣٣٤
خطوات تصنيع قالب العبوة الاسطوانية لهدف منتشر في جميع الاتجاهات	٣٣٥
خطوات(١) تصنيع قالب العبوة الاسطوانية لهدف مجمع باتجاه واحد	٣٣٨
خطوات(٢) تصنيع قالب العبوة الاسطوانية لهدف مجمع باتجاه واحد	٣٣٩
العبوات التلفزيونية (لغم كليمور)	٣٤١
مميزات العبوة التلفزيونية	٣٤١
خطوات تصنيع العبوة التلفزيونية	٣٤٢
ملاحظات وطرق لعمل القالب	٣٤٨
بعض التصميمات المختلفة الاستخدام للعبوات	٣٥٢
عبـوة البرميـل واستخداماتها	٣٥٢
بعض الملاحظات والقواعد في تصميم عبوات الافراد	٣٥٤
اللغـم القفـاز	٣٥٧
إرشادات الزراعة والتفجير	٣٥٨
هام جدا//عبوة الغاز	٣٦٠
طريقة أخرى لصنع عبوة الغاز	٣٦٤
هاااام // قياسات ونماذج لبعض العبوات	٣٦٦
نصائح للمجاهدين مستخدمي العبوات	٣٧٢
استخدامات العبوة الناسفة	٣٧٣
ملحق هام // نماذج عملية للعبوات الحارقة	٣٥٦
هام جدااا///استبانة خطة لضرب هدف متحرك باستخدام العبوات	٣٨٧
• **القنابل**	٣٩١
اقسام القنابل	٣٩١
أجزاء القنبلة	٣٩٤
ميكانيكية عمل القنبلة	٣٩٨
استخدام القنابل	٣٩٩
انواع القنابل	٤٠٣
تكتيك استخدام القنابل	٤١٥

فحص القنابل اليدوية	٤٢٣
• النسف والتخريب	٤٢٨
التخطيط للتخريب	٤٣٠
مبادئ التدمير	٤٣٢
قوانين النسف والتخريب	٤٣٥
معادلات قطع الاخشاب	٤٣٧
معادلات قطع الحديد والفولاذ	٤٤٢
معادلات تدمير الباطون	٤٥٢
حشوات الحفر والخنادق	٤٥٧
ملحق : العمليات التخريبية	٤٦٨
هام جدا: تدمير المباني	٤٨١
تكتيك عمليات خرق العوائق	٤٨٧
المعادلات الرياضية للتحويل	٤٩٠
• الشراك الخداعية	٤٩٣
اقسامها	٤٩٥
الوسائل	٥٠٢
تشريك القنبلة	٥٠٣
احتياطات الامان	٥٠٤
• الحزام الناسف	٥٠٦
التعريف	٥٠٦
مكونات الحزام الناسف	٥٠٦
أشكال الأحزمة الناسفة	٥٠٩
اولا: الحزام الدفاعي (حزام أبي عبدالله المهاجر)	٥٠٩
ثانيا: الحزام الجلاتيني٦	٥١٢
عمل الشظايا	٥١٥
ثالثا : حزام الـ(TNT)	٥١٦
رابعًا : حزام الّشا والنيتروجيليكول	٥١٧
خامساً : حزام القطن	٥١٧
سادساً : حزام الـ(C3)	٥١٨

سابعاً : حزام قذائف الهاون	٥٢٠
ثامنًا : حزامC4	٥٢٢
• السيارات المفخخة	٥٢٤
مكوناتها	٥٢٤
كيفية تجهيزها	٥٢٧
حساب كمية البوستر (الجرعة المنشطة)	٥٢٩
توجيه السيارات المفخخة	٥٣٢
تفجير اوكلاهما	٥٣٩
تفجير الخبر	٥٤١
ملاحظات هامة جدا	٥٤٢
بعض من السيارات المفخخة حين التجهيز	٥٤٥
بخصوص التفجير الكيماوي	٥٤٨
• حرب الألغام	٥٥٣
لمحة تاريخية ومقدمة	٥٥٣
العائق وأقسامه	٥٥٤
حقول الالغام وانواعها	٥٥٥
اقسام الألغام	٥٥٨
المعابر	٥٦١
زراعة ونزع الالغام	٥٦٣
طرق رص الالغام	٥٦٥
كشف وجود الغام	٥٦٨
وسائل ازالة الالغام	٥٧٢
الاجراءات العملية في التفتيش والنزع	٥٨١
• الالغام واقسام اللغم	٥٨٥
انواع الالغام	٥٨٦
استعراض لألغام الافراد والآليات ومواصفاتها وبالصور	٥٨٩
العبوات الصاروخية	٦٢٥
الالغام البحرية	٦٢٦
الغام المياه الضحلة	٦٢٩

الغام الاضاءة	٦٢٩
• الملحق : الصواريخ	٦٣٠
إهداء	٦٣٠
مقدمة عامة	٦٣١
مقدمة في علم الصواريخ	٦٣٢
لمحة تاريخية	٦٣٢
ما الذي يجعل الصاروخ يتحرك؟	٦٣٢
ما الذي يجعل الصاروخ يعمل؟	٦٣٤
تعريف الأداء	٦٣٥
المبادئ الأساسية للصواريخ و الدفع الصاروخي	٦٣٦
تصميم المحرك الصاروخي مدخل	٦٣٧
الحاوية	٦٣٩
الصاعق الاشتعالي	٦٤٠
النازل	٦٤١
التحكم في مسار الطيران	٦٤٣
الوقود الصاروخي الدافع	٦٤٤
أنواع الوقود الصاروخي الصلب	٦٤٥
مدخل لتصميم وعمل الصاروخ	٦٤٨
الافتراضات الأولية	٦٤٨
الوقود الصاروخي الصلب	٦٥٠
احتراق الوقود الصاروخي الصلب	٦٥٣
نظرية النازل Nozzle theory	٦٥٦
القوة الدافعة	٦٦١
ضغط الحجرة الاحتراقية و مساحة الاحتراق	٦٦٣
تصميم النظام الصاروخي يعمل بالوقود الصلب بالتفصيل	٦٦٧
الديناميكا الهوائية:	٦٦٧
القدرة على الأداء PERFORMANCE	٦٦٩
تحديد احتياجات السرعة	٦٧٠
تحديد مطالب المحرك الصاروخي	٦٧٦

الدقةAccuracy	٦٨٤
مصادر أخطاء الرماية:	٦٨٤
الأخطاء المتعلقة بمرحلة ماقبل الرماية	٦٨٥
الأخطاء الحاصلة أثناء القذف:	٦٨٦
الخطأ الحاصل أثناء مرحلة الدفع :	٦٨٧
الاجراءات العامة اللازم اتخاذها للتقليل من التفلت	٦٨٨
الديناميكا الهوائيةAerodynamic	٦٨٩
بعض القيم المهمة في الديناميكاالهوائية :	٦٨٩
اعتبارات مهمة عند التصميم	٦٩٤
أجنحة الصاروخ	٦٩٦
الوقود الصاروخي	٧٠٠
الوقود الصاروخي الصلب وانواعه	٧٠١
الوقود الصلب المتجانس	٧٠٣
طرق تصنيعه	٧٠٥
الوقود الصاروخي المركب	٧١٠
طرق تصنيعه	٧١٤
الوقود الصاروخي الصلب عالي الطاقة HEC وتصنيعه	٧٢٩
الوقود الصاروخي الهجين	٧٣٠
المحرك الصاروخي	٧٣٩
ضغط الحجرة الاحتراقية	٧٣٩
مساحة الاحتراق النجمي	٧٤٨
مساحات احتراق أخرى	٧٥٣
كبح مساحة الاحتراق	٧٥٦
سرعة احتراق الوقود الصاروخي الصلب	٧٥٩
تغيير سرعة الاحتراق	٧٦٣
ظاهرة الاحتراق	٧٦٦
حساب سرعة الاحتراق	٧٦٦
الاختبار الاستاتي للمحرك الصاروخي	٧٧٤
تصميم الجهاز	٧٧٥

السرعة المميزة لانفلات الغازات المحترقة *C و الدفع النوعيIsp	٧٨١
الخواص الميكانيكية و الحرارية	٧٨٤
نظام الاشعال وانواعه	٧٩٤
علاقة الحجرة الاحتراقية و الضغط المولد بالصاعق الاشتعالي:	٧٩٩
الجانب الميكانيكي للصاروخ	٨٠٢
تصنيع النازل	٨٠٧
قالب تجويف الاحتراق	٨١٢
كيفية تصنيع مقدمة الصاروخ	٨١٣
أشكال و أنواع مقدمة الصاروخ و معادلاتها:	٨١٥
الرأس المتفجر	٨١٨
نظام التفجير و الأمان	٨٢١
خطوات تصميم الصاروخ	٨٢٤
تصميم صاروخ مداه ٢٠كلم باستعمال الوقود المركب	٨٢٦
تصميم صاروخ مداه ٢٠كلم باستعمال الوقود الهجين	٨٤١
• **خاتمة**	٨٥٧
• **فهرس الموضوعات المهمة**	٨٥٨